PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE
(I. N. É. A. C.)

LES POURRIDIÉS DE L'HÉVÉA DANS LA CUVETTE CONGOLAISE

PAR

R. J. PICHEL

Ingénieur agronome colonial Gx
Maître de recherches à l'I.N.É.A.C.

Avec la collaboration de
C. MAERTENS
Agronome-technicien colonial
Adjoint à la Division de l'Hévéa de l'I.N.É.A.C.

SÉRIE TECHNIQUE N° 49
1956

Prix : 400 F



INSTITUT NATIONAL POUR L'ETUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE
(I.N.E.A.C.)

(A. R. du 22-12-33 et du 21-12-39).

L'INEAC, créé pour promouvoir le développement scientifique de l'agriculture au Congo belge, exerce les attributions suivantes :

1. Administration de Stations de recherches dont la gestion lui est confiée par le Ministère des Colonies.

2. Organisation de missions d'études agronomiques et formation d'experts et de spécialistes.

3. Etudes, recherches, expérimentation et, en général, tous travaux quelconques se rapportant à son objet.

ADMINISTRATION :

A. - COMMISSION

Président :

S. A. R. le prince ALBERT de Belgique.

Vice-Président :

M. JURION, F., Directeur général de l'INEAC.

Secrétaire :

M. LEBRUN, J., Secrétaire général de l'INEAC.

Membres :

MM. BOUILLENNE, R., Membre de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique;

BRIEN, P., Membre de l'Académie Royale des Sciences Coloniales;

DEBAUCHE, H., Professeur à l'Institut Agronomique de l'Université Catholique de Louvain;

DE WILDE, L., Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gand;

DUBOIS, A., Directeur de l'Institut de Médecine Tropicale « Prince Léopold », à Anvers;

DUMON, A., Professeur à l'Institut Agronomique de l'Université Catholique de Louvain;

GEURDEN, L., Professeur à l'Ecole de Médecine Vétérinaire de l'Etat, à Gand;

GILLIEAUX, P., Membre du Comité Cotonnier Congolais;

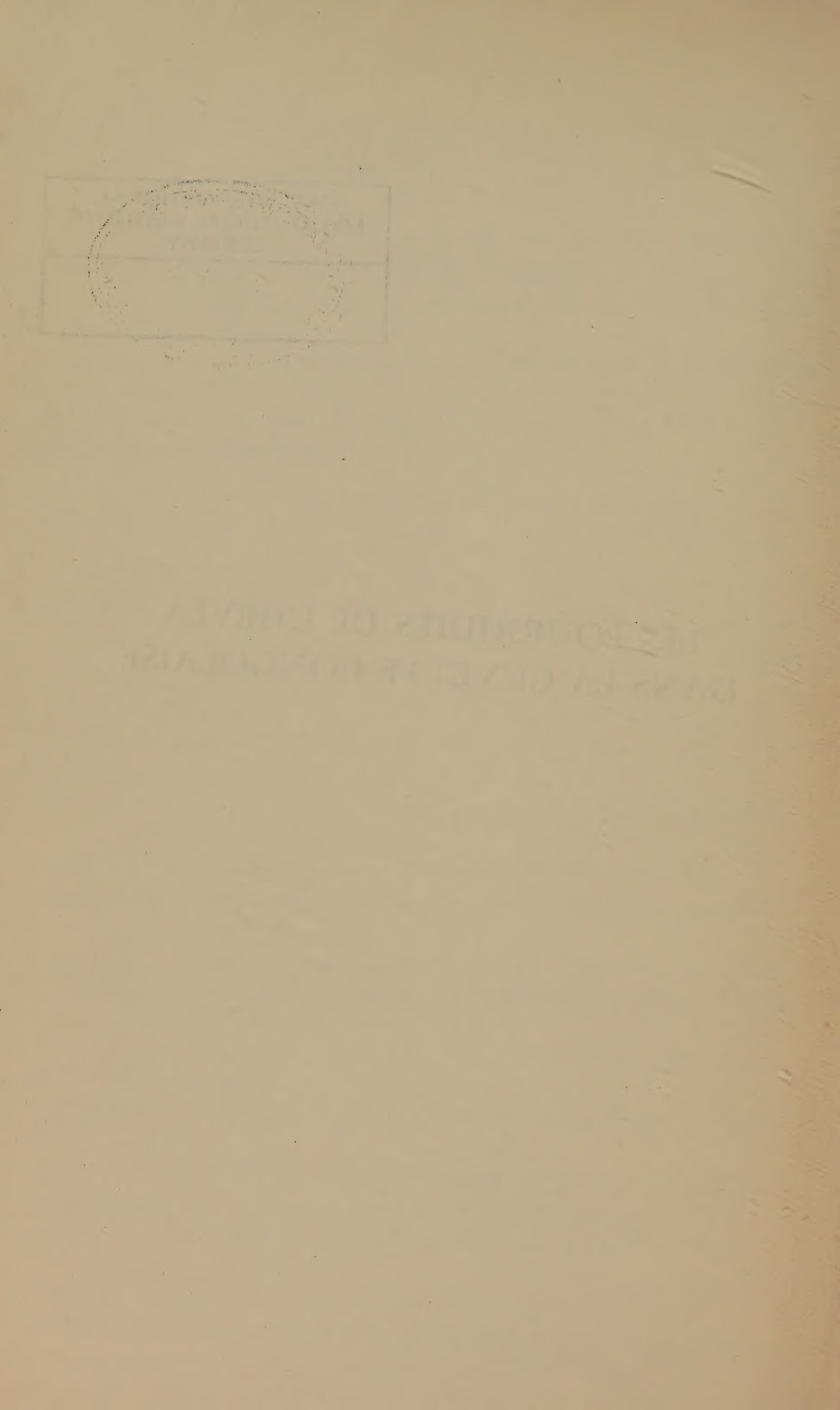
GUILLAUME, A., Président du Comité Spécial du Katanga;

HARROY, J.-P., Vice-Gouverneur Général, Gouverneur du Ruanda-Urundi;

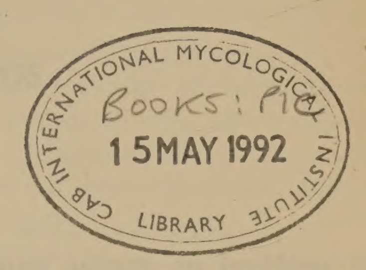
HELBIG DE BALZAC, L., Président du Comité National du Kivu;

HENRARD, J., Directeur du Service de l'Agriculture, des Forêts, de l'Elevage et de la Colonisation, au Ministère des Colonies;

LES POURRIDIÉS DE L'HÉVÉA DANS LA CUVETTE CONGOLAISE



PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE
(I. N. É. A. C.)



LES POURRIDIÉS DE L'HÉVÉA DANS LA CUVETTE CONGOLAISE

PAR

R. J. PICHEL

Ingénieur agronome colonial Gx
Maître de recherches à l'I.N.É.A.C.

Avec la collaboration de
C. MAERTENS
Agronome-technicien colonial
Adjoint à la Division de l'Hévéa de l'I.N.É.A.C.

SÉRIE TECHNIQUE N° 49
1956

AVANT-PROPOS

L'idée de rédiger ce travail sur quelques aspects du problème des pourridiés de l'hévéa devait naître du concours de deux circonstances.

D'une part, des milieux intéressés à la culture de l'hévéa émanaient les demandes d'informations, de plus en plus nombreuses, au sujet des méthodes de lutte les plus efficaces contre les parasites radiculaires et de l'économie des résultats que l'on pouvait escompter de leur application.

D'autre part, la Division de l'Hévéa qui, depuis des années, poursuivait diverses expériences en ce domaine, à Yangambi, voyait se dégager les premiers enseignements valables en matière de lutte contre les maladies radiculaires de l'hévéa.

Notre première intention était de présenter une note brève où nous aurions simplement dégagé l'essentiel de nos premiers résultats, sans détailler les divers aspects du problème des pourridiés. A l'analyse, nous avons craint, eu égard à la complexité du problème, de fournir des conclusions sous forme lapidaire qui puissent être interprétées de manière trop absolue et extrapolées telles quelles à des conditions très différentes de celles qui présidaient à nos expériences à Yangambi. C'est pourquoi nous avons abandonné notre première conception pour présenter cette publication sous sa forme actuelle, en y incluant de nombreuses données expérimentales.

La rédaction de ce travail sous une forme plus détaillée et plus complète s'avérait difficile pour deux raisons importantes.

D'abord, l'auteur n'est pas un spécialiste en mycologie; c'est en effet pour des raisons d'opportunité et de personnel européen que la Division de l'Hévéa a dû se charger, par ses propres moyens de 1945 à 1952, de l'étude des méthodes de lutte contre les pourridiés. De ce fait, les activités de la Division se sont surtout limitées à des travaux d'ordre essentiellement pratique, en excluant toutes les recherches spéciales qui sont du domaine de la phytopathologie. Comme l'exposé des principaux aspects du problème des pourridiés doit nécessairement faire appel à une terminologie et à des concepts qui sont propres à la pathologie végétale, nous avons dû vaincre nos scrupules pour faire une incursion, bien modeste d'ailleurs, dans un domaine qui n'est pas nôtre.

Enfin, lorsque nous fîmes récemment le point de nos connaissances, à l'appui de l'énorme documentation accumulée depuis bientôt sept années, nous hésitâmes encore quant à l'usage qu'il convenait de faire de ces données.

A la satisfaction provoquée par la mise en évidence de multiples résultats tangibles, se mêlait en effet l'impression décevante que nous n'avions abordé qu'une partie de ce problème complexe, et les résultats préliminaires acquis suscitaient eux-mêmes de nombreux problèmes et ouvraient de multiples voies de recherches nouvelles.

Mais, comme nous eûmes déjà l'occasion de le signaler plus haut, l'importance de plus en plus grande prise par le problème des pourridiés dans l'économie de l'hévéaculture nous amena à considérer tout l'intérêt que pouvaient présenter ces premiers résultats, même fragmentaires ou incomplets.

Ce fut cette dernière considération qui l'emporta sur le sentiment de rigueur scientifique qui nous incitait à attendre des acquisitions plus complètes.

Comme le problème des pourridiés de l'hévéa au Congo belge n'a jamais fait l'objet d'une étude approfondie, nous avons jugé intéressant d'inclure dans le présent ouvrage une abondante documentation, tant photographique que bibliographique, afin d'intéresser les praticiens autant que les spécialistes de l'hévéaculture.

C'est un agréable devoir pour nous de remercier ici tout spécialement notre collaborateur immédiat, M. C. Maertens, *Adjoint au Service phytosanitaire de la Division de l'Hévéa, qui réalisa durant des années, avec une patience et un dévouement inlassables, les travaux ingrats de contrôle en champ et de vérification des données primaires dont les résultats apparaîtront dans ce travail.*

Nous avons enfin pu compter sans restriction sur l'aide que nous fournirent obligeamment divers spécialistes et Chefs de Service de l'INEAC. Nous citerons :

— M. A. Focan, *alors Chef de la Division d'Agrologie, et* M. A. Van Wambeke, *Assistant de la même Division, qui voulurent bien se charger de la cartographie détaillée de deux blocs où se distinguaient divers types de sol;*

— M.E. Buyckx, *Chef de la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole, qui accepta, avec* M. B. Fassi, *Mycologiste de la même Division, de relire notre manuscrit et de nous faire d'utiles suggestions quant au fond de cette note, notamment en ce qui concerne les chapitres traitant de la morphologie et de la biologie des champignons parasites. La collaboration de ces spécialistes nous fut également assurée pour la détermination de divers échantillons mycologiques;*

— M. A. Falize, *du Service de Documentation, qui contribua, par un remarquable travail d'illustration photographique à rendre plus vivants et plus intelligibles les textes de cette publication.*

Que tous ces spécialistes veuillent trouver ici l'expression de nos vifs remerciements pour avoir contribué à rendre ce travail plus complet et, espérons-le, plus utile tant pour les praticiens que pour les chercheurs en matière d'hévéaculture.

INTRODUCTION

Nous nous proposons, dans la présente étude, de passer en revue les aspects les plus caractéristiques du problème des pourridiés de l'hévéa. Nous envisagerons surtout la question sous l'angle pratique, visant avant tout la recherche de méthodes de lutte simples et reconnues économiques.

Il y a aujourd'hui près de sept ans que la Division de l'Hévéa s'intéresse à l'étude de l'incidence des pourridiés dans des conditions culturales diverses. C'est dire que l'on a accumulé quantité d'observations, mais c'est reconnaître aussi qu'on n'a pu aborder qu'une partie de ce problème complexe. Nous avons eu l'occasion d'expliquer précédemment pourquoi il nous a paru utile de faire état, dès maintenant, des premiers résultats acquis.

Au moment où la menace des pourridiés fut reconnue extrêmement sérieuse pour l'économie de l'hévéa au Congo belge, cette question avait déjà fait l'objet de nombreuses recherches en Malaisie et en Indonésie, où le problème de la lutte contre les pourridiés se pose depuis près de cinquante ans.

Ce fait a permis, en se basant sur certaines similitudes, d'ordre climatique notamment, d'adapter dès le début à nos conditions des principes et des méthodes déjà éprouvés sous d'autres latitudes. L'un des buts de la présente étude sera de dégager les premiers résultats acquis par l'adoption de méthodes inspirées des recherches menées en Extrême-Orient et adaptées à nos conditions de milieu.

L'avance prise par l'Extrême-Orient dans ce domaine explique encore pourquoi nous avons fait largement appel aux études réalisées en Indonésie et en Malaisie, notamment en ce qui concerne la biologie des parasites radiculaires.

Le fait qu'il n'existe encore aucune étude approfondie des problèmes posés par la lutte contre les pourridiés de l'hévéa au Congo belge, nous a incité à intégrer dans ce travail une synthèse des recherches réalisées à l'étranger; nous espérons que cette vue d'ensemble sera susceptible de présenter un certain intérêt pour ceux qui se proposent d'entamer des études particulières en ce domaine afin d'acquérir des résultats complémentaires qui soient valables pour le Congo belge.

Nous devons signaler, à ce propos, que la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC s'est attachée récemment à l'étude des parasites radiculaires de l'hévéa, et on peut espérer dès à présent que la collaboration étroite qui s'est établie avec la Division de l'Hévéa aboutira à des résultats intéressants dans un proche avenir.

La bibliographie qui traite des pourridiés est extrêmement vaste et notre prospection en ce domaine a forcément été réduite : nous nous sommes limités à prendre connaissance des travaux traitant plus particulièrement des problèmes qui nous préoccupaient, c'est-à-dire les mesures de protection contre ces parasites radiculaires.

En parcourant la bibliographie des trente dernières années ([1]), il nous a été permis de faire quelques constatations intéressantes. Si la plupart des publications abondent en détails sur la description des parasites radicicoles, sur divers aspects de leur biologie et même sur des techniques de lutte directe ou indirecte, elles ne laissent rien apparaître sur certains points essentiels parmi lesquels nous avons noté :

— les sources d'infection en milieu naturel et leur rôle dans la contamination et l'infection des hévéas;
— l'efficacité des méthodes de lutte en relation avec les diverses techniques culturales en usage;
— l'évolution des cas de contamination ou d'infection de diverses parties du système radiculaire;
— les réactions marquées par l'hévéa en relation avec l'infection par des pourridiés.

C'est ainsi qu'à partir des données accumulées ces dernières années, nous avons voulu tenter une synthèse de nos recherches, synthèse qui contribuerait à apporter des éclaircissements sur les points précités et à fournir des solutions efficaces, simples et économiques à un problème qui constitue le souci majeur de la plupart des planteurs. C'est dire que nous avons orienté nos recherches vers un but essentiellement pratique, visant avant tout à dégager de nos travaux des précisions touchant la gravité des dégâts imputables aux pourridiés en diverses conditions de culture, et l'efficacité des procédés de lutte appliqués, sans négliger l'aspect économique de ce dernier problème.

* * *

Dans la première partie de ce travail, qui traitera du problème général des pourridiés et des parasites en cause, nous donnerons successivement :

— Un historique de la question qui aidera le lecteur à situer le problème des pourridiés dans le cadre de l'hévéaculture, et ce, à l'échelle mondiale.
— Une description des principaux parasites radiculaires de l'hévéa. Dans ce chapitre, nous nous bornerons à décrire les quatre champignons considérés comme étant les plus nuisibles. En fait, deux d'entre eux mériteront toute notre attention : *Fomes lignosus* (*Rigidoporus microporus*) et *Armillaria mellea*. Nous ferons la description des caractères macroscopiques de ces cryptogames, dans le but de permettre une identification aisée de ces parasites dans la pratique. Nous nous abstiendrons d'entrer dans l'étude des détails microscopiques qui intéressent les seuls spécialistes.

(1) Voir liste bibliographique en fin de cet ouvrage.

La seconde partie sera consacrée à des observations touchant la biologie des parasites radicicoles et le comportement de l'hévéa en présence de pourridiés. Nous envisagerons notamment le problème des foyers d'infection, les processus de contamination et d'infection, le parasitisme des champignons radicicoles, l'influence de divers facteurs du milieu sur les parasites et enfin les réactions marquées par l'hévéa lorsqu'il subit des attaques radiculaires.

Nous aurons l'occasion d'exposer nos propres observations, ainsi que les opinions de divers spécialistes concernant certains aspects de la biologie des parasites radicicoles de l'hévéa.

Cet exposé d'observations préliminaires et d'opinions autorisées est extrêmement utile, pensons-nous, pour la compréhension des principes qui président à l'application des méthodes de lutte, lesquelles visent surtout à exploiter au maximum des faiblesses reconnues dans le cycle vital des champignons en cause.

Dans la troisième partie, de loin la plus importante, nous fournirons les résultats acquis par nos études menées à Yangambi touchant l'épidémiologie des pourridiés et l'efficacité de la lutte menée contre ces épiphyties tant par des méthodes directes que par des procédés culturaux. Nous étudierons de près l'incidence des pourridiés en parcelles traitées et témoins, et ce, sous diverses conditions. Des études particulières portant sur l'évolution des cas d'attaque au cours du temps nous permettront enfin de mieux préciser la notion d'efficacité des traitements appliqués.

La quatrième et dernière partie de cet ouvrage traitera de l'efficacité des procédés de lutte appliqués et de l'aspect économique du problème.

Nous terminerons par l'énoncé d'une série de conclusions et de recommandations qui constitueront la synthèse des connaissances acquises à Yangambi ces dernières années en matière de lutte contre les pourridiés de l'hévéa.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir été complet en réalisant cette étude des principaux aspects d'un problème aussi vaste.

Notre principal objectif consistait avant tout à établir un bilan détaillé des recherches réalisées par la Division de l'Hévéa au cours de ces dernières années.

Nous avons en outre estimé que, pour être fructueuses et pouvoir servir d'outils de travail, ces données devaient être étayées par un minimum de considérations portant sur la morphologie et la biologie générale des parasites radiculaires; ceci afin qu'une idée d'ensemble du problème puisse être acquise par tous ceux qui, de près ou de loin, s'intéressent à la culture de l'hévéa et aux problèmes posés par ces graves épiphyties.

Nous nous estimerons trop heureux si nous avons pu atteindre, même imparfaitement, cet objectif.

PREMIÈRE PARTIE

LE PROBLÈME DES POURRIDIÉS DE L'HÉVÉA ET LES PARASITES EN CAUSE

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE DU PROBLÈME

§ 1. - À L'ÉTRANGER

1. - *LES PARASITES RADICULAIRES DU « GROUPE FOMES ».*

Ce premier intitulé fait allusion aux trois parasites communément considérés en Extrême-Orient comme faisant partie d'un même groupe, tant au point de vue de leur biologie que de leur mode de propagation, et pour lesquels des méthodes de lutte semblables furent préconisées. Ce sont : *Fomes lignosus, Ganoderma pseudoferreum* et *Fomes noxius,* cités à dessein dans un ordre d'importance décroissant.

Nous ne discuterons pas ici l'identité exacte de ces parasites ni les synonymies, problèmes que nous envisagerons succinctement au chapitre suivant. Notre but actuel est de situer le problème des pourridiés dans le cadre général de la culture de l'hévéa à l'étranger, à l'aide d'une brève étude bibliographique. Il est aussi à noter que nous considérons au premier chef les zones de culture de l'Extrême-Orient.

On peut dire que les ravages exercés par les pourridiés dans les plantations d'hévéas sont connus depuis les premiers jours de l'établissement de cette culture au stade industriel.

Dans une note parue en 1903 [77], Collet consacrait un paragraphe aux « ennemis du Para asiatique » et il écrivait : « Le plus destructif de ses ennemis est la fourmi blanche (1). Une maladie cryptogamique des racines a récemment été observée dans la Péninsule. Elle est peu connue, mais le foyer d'infection a été complètement détruit... ». Cette mention, imprécise, devait rapidement être suivie d'autres renseignements qui réduisaient à néant l'optimisme de l'affirmation de Collet.

Ridley [217] donnait en 1904 la première indication précise en signalant la présence d'un pourridié sur des hévéas endommagés par le feu au Jardin Botanique de Singapour (Pfältze [205]). Bien qu'il y ait eu doute sur la nature exacte des relations entre la plante-hôte et le champignon

(1) Fourmi blanche est l'équivalent de « White ant » ou termite.

(Petch [193]), ce dernier fut considéré comme nuisible et déterminé par Ridley comme étant *Fomes semitostus.*

En 1905, ce même champignon est déclaré parasite de l'hévéa à Ceylan (Petch [182]), en même temps que *Hymenochaete noxia.* Ce dernier parasite (syn. *Fomes noxius*) sera bientôt considéré par Petch comme le pourridié le plus commun à Ceylan [189], mais beaucoup moins dommageable que le *Fomes semitostus.* Ce fait était attribuable, selon Petch [189 et 196], à deux raisons : *Hymenochaete noxia* était de croissance très lente et incapable de se propager à travers le sol, comme le faisait *Fomes semitostus.*

Dès ce moment, les informations vont se multiplier sur l'incidence des pourridiés dus à *Fomes lignosus* (syn. *F. semitostus*) notamment. Ce parasite radiculaire est bientôt connu partout en Malaisie, cependant que Ceylan et l'Inde méridionale en souffrent, semble-t-il, à des degrés moindres.

Cramer [82] en 1911, dans son manuel consacré à « La culture de l'hévéa », signale que le *Fomes semitostus* est l'un des principaux ennemis de l'hévéa, très commun dans toute la Péninsule malaise et à Sumatra. L'essentiel de sa biologie est déjà entrevu à ce moment, et l'on met en évidence sa propagation par voie végétative (mycélium et rhizomorphes) à partir des souches et débris infectés laissés dans le sol lors des défrichements. Cramer décrivait les signes extérieurs de la maladie sur l'hévéa et signalait deux périodes propices pour l'infection, qu'il situait l'une à 15 mois, et l'autre entre 4 et 5 ans. L'auteur estimait enfin que les palliatifs et les traitements locaux de la maladie ne donnaient aucun résultat; il préconisait comme seul moyen de lutte ce qui était l'opinion de l'époque : destruction complète de tout le bois mort et enlèvement des souches, opérations complétées par le creusement de fossés d'isolement autour des arbres attaqués et par la désinfection du sol à la chaux.

Petch, l'un des premiers spécialistes des pourridiés de l'hévéa dont le nom reviendra souvent, devait donner en 1914 [193] une première synthèse, extrêmement claire, de ce problème. Il précisait notamment l'identité du champignon parasite, qui devait s'appeler *Fomes lignosus* et non *F. semitostus,* ce dernier champignon étant, selon lui, assez différent du parasite connu sur l'hévéa. Les dégâts importants subis par les plantations malaises antérieurement à la connaissance de ce pourridié (1905) seraient dus, selon Petch, à l'action du *Fomes lignosus* et non aux termites (« White ants »); Petch situait entre 1 et 3 ans la période normale d'attaque des jeunes plantations, non du fait de la susceptibilité des arbres, mais comme conséquence du comportement du parasite qui, après avoir colonisé les souches, émigre à l'aide de ses rhizomorphes à la recherche d'un nouvel hôte. Il relatait enfin les essais d'inoculation de Bancroft [24 et 25] à partir desquels il concluait que l'infection de l'hévéa se réalisait aisément par contact avec des morceaux de

racines infectées, ce qui excluait d'après lui l'idée que le *Fomes* était un parasite de faiblesse. C'est encore PETCH, dans cette synthèse, qui, le premier, soulignait l'importance que présentent les méthodes culturales appliquées après le défrichement, et l'influence de certaines souches dans la propagation des pourridiés.

L'attention portée sur le problème des pourridiés par tous les spécialistes en hévéaculture ne devait plus se relâcher dans toutes les zones de culture de cette plante et l'on devait s'attacher sans répit à la détermination des moyens capables d'enrayer le mal.

BROOKS [60] en 1916, dans une étude consacrée à quelques maladies de l'hévéa en Malaisie, attirait l'attention sur la méthode de lutte préconisée par RICHARDS (1) et COLENBRANDER (2), qui traitaient les arbres par dégagement du collet et des racines malades, lesquelles étaient grattées ou recépées suivant la gravité du mal. Un traitement complémentaire consistait à badigeonner les racines malades avec de la bouillie bordelaise. Une méthode analogue, appliquée par RIS [221] à Sumatra, utilisait le carbolineum comme adjuvant au traitement chirurgical.

RUTGERS et ARENS [223] qui étudiaient les pourridiés à Java accordaient un certain intérêt à la méthode préconisée par RIS.

A quelques modalités près, ces méthodes seront encore celles préconisées plus tard en Malaisie par le « Rubber Research Institute of Malaya » (R.R.I.) et d'ailleurs appliquées au Congo belge, ainsi que nous le verrons ultérieurement.

Jusqu'ici, le *Fomes lignosus* était seul signalé comme parasite important de l'hévéa.

En 1916, BELGRAVE [35] décrit en Malaisie un pourridié provoqué par *Poria hypolateritia* (reconnu plus tard comme *Ganoderma pseudoferreum*), et PETCH en 1917 décrit à Java un pourridié brun provoqué par *Fomes lamaoensis*.

VAN HALL [291] en 1919 signale l'incidence plus élevée du *Fomes* dans les sols légers au Sud de la côte occidentale de Sumatra.

Avec la publication de PETCH [196] en 1921, où il fait le point des connaissances acquises en matière de biologie et moyens de lutte contre les principaux pourridiés de l'hévéa, on peut affirmer que l'essentiel aura été dit sur ce problème.

Après 1921, nous trouverons des études nombreuses, certes, sur les parasites radiculaires, mais ce seront plutôt des confirmations de certaines données acquises précédemment, des précisions sur l'incidence des maladies radiculaires dans diverses conditions de milieu, mais pratiquement aucune

(1) RICHARDS, R. M., Mycologist's Report for 1912-1913. The Malay Peninsula Agricultural Association (1914).
(2) COLENBRANDER, H., Treatment of three years old *Hevea brasiliensis* attacked by *Fomes semitostus*. Report of the International Congress and Exhibition, Batavia, p. 51 (1914).

nouvelle découverte, — si ce n'est la théorie de NAPPER en 1932, — qui puisse changer complètement l'aspect du problème.

Dans les années postérieures à 1920, il se confirma de plus en plus que le *Fomes lignosus* était bien l'ennemi le plus dangereux des jeunes plantations à Sumatra, à Java (Centre et Ouest) et en Malaisie (VAN HALL, 1922 à 1924 [294, 295 et 296]), alors que le *Ganoderma pseudoferreum* était le véritable facteur limitant de l'économie des plantations âgées. Ce dernier parasite, de développement plus lent, est signalé en effet comme extériorisant ses effets sur des plantations âgées au moins de 10 à 12 ans; la « pourriture rouge » est considérée comme la maladie radiculaire la plus dangereuse sur les arbres adultes dans la partie occidentale de Java, en Malaisie, en Birmanie et à Sumatra. (VAN HALL, 1922 [294]; PINCHING, 1923 [207]; VAN OVERHEEM et STEINMANN, 1923 [304]; PINCHING, 1925 [209]; STEINMANN, 1925 [261]; SANDERSON, 1929 [224]).

Il apparaissait aussi de plus en plus évident que l'action de ces pourridiés était capable de mettre en péril, sinon de ruiner complètement, l'économie de vastes plantations d'hévéas.

VAN HALL [295] signalait en 1923 des pertes annuelles de 10 % des arbres dans les plantations de Sumatra, pertes provoquées par l'activité de *Fomes lignosus.*

SHARPLES et SANDERSON en 1931 [238], à la suite d'une série d'expériences menées de 1925 à 1930 en Malaisie et destinées à juger l'ampleur du mal dans des plantations adultes, fournissaient comme résultat de leur enquête des chiffres bien faits pour émouvoir les planteurs : dans des champs d'hévéas âgés de 12 à 14 ans, on enregistrait de 25 à 30 % de pertes (mortalité due aux pourridiés) et 60 % de malades. Dans une série de plantations dont les âges s'échelonnaient de 10 à 23 ans, les taux de disparus ou d'enlevés pour cause de maladies radiculaires atteignaient de 20 à 55 % de la population. Beaucoup de plantations, enfin, étaient même abandonnées suite à des pertes encore plus sévères (SHARPLES, 1932 [240]).

C'est au moment où l'énoncé de ces ravages provoquait une crainte combien justifiée dans les milieux intéressés à l'hévéaculture, que devaient paraître les premières conclusions des recherches menées par NAPPER (1932, [174]) au R.R.I.

Dans une note que l'on peut considérer comme fondamentale parmi les études portant sur les pourridiés de l'hévéa, NAPPER [174] résumait d'abord ce que l'on connaissait de l'identité réelle du parasite principal en cause (*Fomes lignosus*), de sa description et de sa biologie. Il énonçait ensuite une théorie ingénieuse destinée à expliquer les différences constatées dans l'incidence du mal en fonction de divers traitements culturaux, notamment : le nettoyage complet après défrichement (« clean clearing ») et divers modes d'entretien (« clean weeding » ou plantes de couvertures).

Après avoir réexaminé le problème de la propagation du parasite sous ses deux formes possibles — voie générative au moyen de spores, ou voie végétative au moyen de formations mycéliennes rhizomorphiques — il concluait à la prédominance très nette du processus d'infection par contact des racines saines de l'hévéa avec du matériel ligneux infecté.

En se basant sur cette dernière conception et sur la connaissance du mode de propagation des rhizomorphes, NAPPER en déduisait une méthode de contrôle [173] des maladies radiculaires dans les jeunes plantations. Cette méthode avait comme principe l'inspection individuelle des arbres par dégagement périodique du collet et des racines latérales. Le traitement chirurgical était complété par une application de sulfate de cuivre en solution aqueuse comme fongicide. Il se doit de préciser ici que le dégagement des collets est une méthode qui avait déjà été appliquée et préconisée auparavant, par BOBILIOFF notamment.

Les travaux de NAPPER ont servi de base aux méthodes de lutte appliquées ultérieurement en Malaisie et en Indonésie. C'est enfin sur ces travaux que l'on s'est appuyé lorsqu'il fallut envisager au Congo belge l'application de mesures strictes pour le contrôle des pourridiés de l'hévéa.

Peu après la note de NAPPER, publiée en 1932, DE JONG [90] présentait en 1933 les résultats de ses recherches sur le parasitisme de *Rigidoporus microporus* (syn. *Fomes lignosus*) [306]. DE JONG avait réalisé divers essais d'inoculation et étudié l'influence de divers facteurs du milieu sur l'activité du parasite. Il fut l'un des premiers à mettre en évidence l'importance de la masse de l'inoculum et la réceptivité de l'hévéa en fonction de l'âge. Il synthétisait enfin diverses notions se rapportant aux influences des couvertures du sol, de l'historique des plantations (précédents culturaux) et des caractéristiques du sol, notamment la composition chimique, le pH et la texture. A ce titre, le travail de DE JONG est, comme celui de NAPPER, l'une des études fondamentales réalisées dans le domaine des parasites radiculaires de l'hévéa.

Ultérieurement, des publications de diverses origines devaient signaler l'incidence des maladies radiculaires dans les différentes zones de culture de l'hévéa et donner des indications généralement très sommaires sur l'efficacité relative de diverses méthodes de lutte, presque toutes issues des travaux précités de NAPPER et DE JONG.

SHARPLES, en 1936 [244], fournissait quelques données expérimentales sur des résultats de contrôle des pourridiés et insistait sur une notion particulièrement importante : le fait que des blessures aux racines ne favorisaient en rien le parasitisme du *Fomes*.

Dès 1937, le R.R.I. entreprenait de nouveaux essais qui visaient à réduire au maximum la présence de foyers d'infection dans les plantations, soit par annélation et empoisonnement des arbres de la forêt avant défrichement, soit encore par simple empoisonnement des souches après abattage.

Cette nouvelle orientation dans la recherche de méthodes de lutte indirectes reposait sur le travail de LEACH qui publia en 1937 [135] le résultat de ses travaux menés au Nyasaland sur l'incidence d'*Armillaria mellea* parmi les essences forestières traitées ou non par annélation.

Nous aurons l'occasion de revoir plus en détail les travaux de LEACH, notamment dans le secundo de ce paragraphe.

De 1939 à 1948, les seules données intéressantes sur les problèmes de lutte contre les pourridiés de l'hévéa furent celles que publia le R.R.I. et qui se rapportent aux essais entrepris en 1937-1938 et 1941 par NAPPER notamment. La plupart de ces essais ne purent malheureusement aboutir à des conclusions normales du fait de l'invasion japonaise.

Il semble bien ressortir, de l'examen des rapports récents de Malaisie, que le problème des pourridiés de l'hévéa est toujours inscrit au premier plan des préoccupations des spécialistes (ALTSON, 1950, [16a]).

Des études récemment entreprises au R.R.I. portent sur la croissance, la pathogénéité et les processus de dispersion des trois parasites principaux de l'hévéa (*Fomes lignosus - Ganoderma pseudoferreum - Fomes noxius*). Enfin, des études portant sur le problème immédiat du contrôle des pourridiés s'avèrent très intéressantes. Citons, par exemple : l'étude économique des méthodes de lutte, la valeur des techniques d'empoisonnement des souches, l'utilisation de fongicides actifs contre les foyers d'infection et l'étude des antagonismes biologiques.

Il ressort, de cet aperçu sur l'évolution des recherches intéressant les parasites radiculaires, que non seulement les progrès furent lents, mais encore qu'aucune solution satisfaisante ne semble acquise à ce jour.

La difficulté de résoudre un tel problème se conçoit aisément quand on se rappelle, d'une part, les traits essentiels de la biologie de ces parasites terricoles dont l'action est difficilement décelable et, d'autre part, les contingences économiques qui imposent comme ligne d'action une réduction de plus en plus marquée des frais d'exploitation, eu égard aux fluctuations imprévisibles et souvent brutales du marché du caoutchouc.

2. - *ARMILLARIA MELLEA.*

C'est à dessein que nous n'avons pas inclus l'armillaire dans un historique général des pourridiés, non que ce parasite soit tellement différent, par son comportement parasitaire, des champignons dits du « groupe Fomes », mais surtout parce qu'il ne fut jamais, à notre connaissance, signalé comme parasite de l'hévéa en Malaisie et en Indonésie.

Ceci est d'autant plus étonnant qu'il était bien reconnu comme parasite de diverses cultures arborescentes, notamment : le quinquina à Java (Rant, 1917 [211]), le théier (Bernard et Palm, 1919 [41]), le caféier Arabica (De Fluiter, 1939 [88]), les agrumes (Van der Groot, 1935-36 [287-288]).

Petch, qui décrivit en 1909 [187] *Armillaria fuscipes* (nov. sp.), reconnaissait en 1928 [203] une similitude entre l'*Armillaria* (*fuscipes*) de Ceylan et ceux de Java et de l'Ouest africain. Ainsi, il est peu probable que l'armillaire, connu et décrit par divers auteurs en Extrême-Orient, ait pu provoquer des pourridiés de l'hévéa sans être reconnu.

L'*Armillaria mellea* est par contre l'un des premiers parasites reconnus sur diverses espèces forestières en Europe et en Amérique et, à ce titre, a fait l'objet de multiples études dans le monde entier.

Depuis Hartig [117] qui étudia en 1874 son comportement dans les forêts d'Allemagne, de nombreux auteurs se sont attachés à l'étude du parasitisme d'*Armillaria mellea.* Citons : Brefeld (1877), Hartig (1894), Wagner (1899), Barss (1913), Horne (1914), etc.

Après les travaux préliminaires, surtout menés, comme on le voit, par les phytopathologistes allemands, ce furent les Américains qui devaient s'attacher au problème de l'armillaire. Ce champignon est, en effet, un dangereux parasite non seulement des peuplements résineux, mais aussi des arbres fruitiers. On conçoit l'importance que peut alors revêtir sa présence dans certaines régions des Etats-Unis dévolues à l'arboriculture fruitière, comme c'est le cas, par exemple, pour la Californie.

Ainsi, la plupart des travaux récents, d'un grand appoint pour la connaissance de la biologie de ce parasite, sont-ils originaires des Etats-Unis d'Amérique.

Nous ne signalerons ici que quelques auteurs dont la contribution à l'étude d'*Armillaria* nous a paru très importante.

Campbell, en 1934 [69], publiait une note du plus haut intérêt, probablement la plus détaillée qui soit, sur la biologie du parasite, dans laquelle il décrivait notamment le processus de colonisation d'un hôte ligneux par le champignon.

La même année paraissait un travail non moins essentiel, rédigé par Thomas [277], qui avait étudié minutieusement le mode d'attaque du champignon, son parasitisme et les problèmes de résistance d'un hôte à l'égard du parasite. L'une des conclusions majeures qui ressortait des travaux de Thomas était la preuve que l'*Armillaria,* selon lui, n'était pas un parasite de blessures, mais qu'il était doué de la faculté de pénétrer directement les tissus corticaux intacts d'une plante-hôte. Enfin, la technique de travail de Thomas et ses premières études sur la résistance et la susceptibilité des plantes-hôtes ouvraient la voie à des recherches pleines de promesses.

En 1934, puis en 1941, WEINDLING [323-324] mettait en évidence l'action parasitaire de *Trichoderma lignorum* sur *Armillaria mellea*, par l'intermédiaire d'une substance léthale émise par le mycélium jeune, en voie de croissance, de *Trichoderma*. La mise en évidence, pour l'armillaire, du principe depuis longtemps connu des antagonismes biologiques dans le sol ouvrait de nouvelles possibilités dans l'étude des méthodes de lutte biologiques.

BLISS (1941 [48] - 1946 [51]) devait étudier à plusieurs reprises l'action de la température et de l'humidité du sol sur la croissance du parasite, tandis que RHOADS, en 1945 [216], s'attachait à mettre en évidence l'influence de la température et du pH du sol sur sa croissance.

Nous ne pourrions clore l'historique des travaux sur l'*Armillaria mellea* sans faire allusion à la contribution que devait fournir l'Afrique en cette matière.

WALLACE, en 1935 [320], signalait les dégâts provoqués par *Armillaria mellea* sur les caféiers et les théiers établis au Tanganyika après défrichement forestier. Il donnait même une liste des plantes indigènes reconnues susceptibles à l'armillaire.

En 1937, MORSTATT [159] signalait également l'armillaire comme parasite du caféier dans l'Ouest africain, tandis que HANSFORD [113], en Uganda, le signalait sur le théier, le cacaoyer et l'hévéa. C'est la première fois, dans la bibliographie étrangère, que l'*Armillaria mellea* est signalé sur l'hévéa.

C'est en 1937 que LEACH [135] devait publier ses observations sur le parasitisme et le contrôle de l'armillaire; c'est un travail reconnu de grande importance parmi toutes les publications consacrées aux pourridiés des plantes industrielles arborescentes. Par des études microscopiques portant sur l'histologie de racines infectées de théiers, LEACH devait remarquer que les hyphes d'*Armillaria*, s'ils étaient pratiquement inexistants dans l'écorce, étaient par contre très nombreux dans la moelle, où les réserves amylacées sont toujours abondantes. Il devait en déduire que l'*Armillaria* a besoin pour son existence d'un substrat riche en matières amylacées, et il préconisa une méthode de lutte indirecte qui consistait à anneler les arbres d'une forêt quelque temps avant l'abattage. Cette technique, destinée à appauvrir rapidement les réserves radiculaires, accélère la mort des racines et leur colonisation par des organismes saprophytes concurrents du parasite. Des résultats préliminaires cités par LEACH semblaient confirmer cette hypothèse.

Ces travaux devaient servir de base à diverses expériences, menées en Malaisie notamment, pour étudier les effets de l'annélation et de l'empoisonnement des arbres sur l'incidence de *Fomes lignosus*.

Pas plus pour *Armillaria mellea* que pour *Fomes lignosus*, il n'existe actuellement des méthodes de lutte bien mises au point.

La méthode des fossés d'isolement fut longtemps la seule appliquée, avant qu'on ne préconise l'usage du sulfate de cuivre comme fongicide. Enfin, des essais réalisés aux Etats-Unis avec des injections de chloropicrine ou de sulfure de carbone dans le sol semblent avoir donné quelques résultats dans la lutte contre l'armillaire.

§ 2. - AU CONGO BELGE

On conçoit aisément que l'histoire des pourridiés de l'hévéa au Congo belge soit beaucoup moins riche d'enseignements qu'en Extrême-Orient. D'abord, il y a moins de vingt ans que l'INEAC a entrepris l'amélioration de cette plante : c'est dire que les divers aspects de la pathologie de l'hévéa ne firent pas l'objet d'études spéciales avant la dernière décade. Par ailleurs, lorsque les pourridiés devaient s'avérer de redoutables ennemis de l'hévéaculture dans nos régions, on songea d'abord à enrayer le mal par l'application de méthodes de lutte déjà éprouvées en Malaisie. L'expérience acquise nous fut donc très profitable à ce moment.

Toutefois, entre le moment où le danger se fit jour et le moment de l'application des premières méthodes de lutte, la mise au point de ces méthodes dans nos régions nécessita quelque temps.

On dut attendre plusieurs années avant d'acquérir suffisamment de données sur l'efficacité des méthodes de lutte appliquées.

Ainsi s'explique la parution un peu tardive de la présente étude qui s'appuie sur les recherches menées par la Division de l'Hévéa au cours de ces huit dernières années.

*
* *

Parmi les parasites radiculaires de l'hévéa qui sévissent au Congo belge, le *Fomes lignosus* est incontestablement le plus important et le plus anciennement reconnu.

Hendrickx [118], dans son « Sylloge fungorum congensium », relate que le *Fomes lignosus* fut signalé en 1921 sur *Hevea* et *Funtumia* par Vermoesen et sur *Hevea* et *Coffea* sp. par Beeli.

Il est fort probable qu'il était connu avant 1921 sans que son nom fut cité.

Leplae [142], dans un article publié en 1926 sur « La culture de l'Hévéa au Congo belge », écrivait ce qui suit : « Les plantations du début en terres sablonneuses sur défrichement furent spécialement éprouvées par les maladies de racines. Les premières plantations étaient insuffisamment nettoyées des souches et racines... ».

Le *Fomes* fut bientôt signalé comme parasite de diverses cultures du Congo belge : cacaoyer, caféier Robusta et caféier Arabica au Kivu (STANER, 1929).

STEYAERT, qui l'avait décrit à Yangambi et à Lula, signalait l'influence des sols légers sur la propagation du mal (1932 [266]).

Dès 1934, la Division de l'Hévéa de l'INEAC à Yangambi entreprit de lutter contre la propagation du *Fomes* au moyen de fossés d'isolement, puis à l'aide de fongicides appliqués sur les racines dégagées.

Ce n'est guère qu'en 1937-1938 que l'on commença à utiliser cette dernière technique du dégagement des collets et des premières racines latérales, combinée avec les fossés d'isolement.

A partir de 1940, on généralisait la méthode de contrôle individuel par dégagement des collets et racines de tous les arbres, sans toutefois opérer des études systématiques.

L'armillaire, d'abord signalé sur le caféier Arabica au Kivu, fut bientôt reconnu comme un ennemi redoutable des plantations de quinquina au Kivu et dans l'Ituri. On devait encore le signaler sur *Geranium rosat* en Ituri (1939).

C'est STEYAERT qui le mentionna sur *Hevea brasiliensis* à Lula en 1945.

A Yangambi, l'ampleur des dégâts dus aux pourridiés incita l'INEAC à lancer un appel aux planteurs pour recueillir des informations sur l'étendue des ravages en diverses régions du Congo belge.

Sur la base des renseignements accumulés, autant que sur les données déjà acquises à Yangambi, DE POERCK ébauchait, en 1945, un programme destiné à étudier l'efficacité des méthodes de lutte déjà utilisées, avec plus ou moins de succès, à l'étranger.

Dès ce moment, on ne se contenta plus d'exercer un contrôle destiné à enrayer le mal, mais on enregistra périodiquement, pour tous les champs en expérience, les données intéressant l'état sanitaire des hévéas pris individuellement.

En 1946, les observations faites à Yangambi portaient sur quelque 250 ha; en 1947, VAN LEER [302] tentait de dégager quelques résultats préliminaires qui s'avéraient d'ailleurs peu encourageants.

De 1947 à aujourd'hui, la Division de l'Hévéa devait multiplier les observations et introduire de nouvelles modalités dans les expériences portant sur les méthodes de lutte. Ces six dernières années accumulèrent des relevés et des observations systématiquement faites sur plus de 120.000 arbres.

On connaissait déjà par expérience divers facteurs qui pouvaient influer l'accentuation de la virulence des parasites radiculaires, mais cette connaissance reposait sur des observations instantanées qui ne présentaient aucune suite logique dans le temps. De ce fait, on ne pouvait dégager aucune idée d'évolution du mal dans diverses conditions.

De telles observations continues, portant sur des populations d'origines diverses, pendant plusieurs années, ne furent pas seulement conduites à Yangambi, mais également dans les Plantations expérimentales de l'INEAC, notamment à Gazi, Bongabo et Mukumari.

La Station de Kondo devait aussi s'inquiéter des dégâts causés par les pourridiés de l'hévéa.

Dès 1947, la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC à Yangambi entreprenait diverses études destinées à éclairer certains aspects de la biologie de *Fomes lignosus* et d'*Armillaria mellea* dans nos conditions de milieu. Ces études, actuellement poursuivies en laboratoire et en plantation, contribueront vraisemblablement à apporter des éléments nouveaux aux travaux de recherches déjà poursuivis par la Division de l'Hévéa, laquelle s'attache surtout à résoudre les problèmes pratiques posés par la présence des pourridiés, c'est-à-dire l'étude des méthodes de lutte directes ou indirectes.

* * *

Ainsi, le problème des méthodes de lutte contre les parasites radiculaires de l'hévéa a préoccupé depuis toujours les praticiens et les spécialistes, tant au Congo belge qu'en Indo-Malaisie.

Les recherches conduites par l'INEAC depuis des années ont confirmé pour la Cuvette congolaise bien des points déjà signalés en Malaisie et en Indonésie. Une caractéristique essentielle du problème des pourridiés au Congo est la présence d'*Armillaria mellea,* qui sévit avec une fréquence et une virulence telles qu'il menace de devenir l'ennemi le plus redoutable de nos plantations d'hévéas dans beaucoup de situations.

L'association de ces deux parasites (*Fomes lignosus* et *Armillaria mellea*) dans les dégâts provoqués aux plantations jeunes et adultes complique singulièrement le problème de la lutte. Les méthodes de lutte directes jusqu'ici appliquées semblent avoir également affecté les deux parasites. Cependant, il est probable que des méthodes de lutte indirectes, par application notamment de méthodes culturales, se heurteront à de sérieuses difficultés. Il est en effet vraisemblable que chacun des deux parasites ait des exigences particulières à l'égard des conditions de milieu (nous pensons surtout aux caractéristiques du sol) et il faudra veiller à ce qu'une mesure destinée à enrayer indirectement l'action de ces cryptogames n'affecte que l'un des deux et favorise l'extension de l'autre. Même en ce qui concerne la lutte directe, la susceptibilité relative des deux champignons à divers fongicides devra être réexaminée.

On peut dire, en conclusion, qu'il n'existe pas actuellement de solution tout à fait simple au problème de la lutte contre les pourridiés, pas plus en

Extrême-Orient qu'au Congo belge. Il existe par contre des indications en nombre suffisant pour permettre aujourd'hui l'application de certains procédés de lutte dont l'efficacité a été reconnue. C'est ce point que nous tenterons de démontrer au cours de cette étude.

Enfin, après l'exposé des procédés de lutte applicables, nous aurons l'occasion de définir, en matière de conclusion, ce qui nous semble pouvoir apporter une solution à la fois simple, économique et réellement efficace à ce problème.

CHAPITRE II

LES PARASITES RADICULAIRES DE L'HÉVÉA

§ 1. - FOMES LIGNOSUS (KLOTZSCH) BRES.

1. - *CLASSIFICATION - NOMENCLATURE.*

Le *Fomes lignosus* (KLOTZSCH) BRES. est un champignon supérieur (classe des Eumycètes ou Septomycètes), de la sous-classe des Basidiomycètes, famille des Polyporaceae. A cette famille se rattachent plusieurs champignons parasites de nos cultures tropicales, notamment *Fomes lignosus, F. noxius* et *Ganoderma* sp. (*G. pseudoferreum, G. applanatum, G. lucidum*).

Une grande confusion a toujours régné dans la bibliographie au sujet du nom exact de l'espèce provoquant la « pourriture blanche des racines » de l'hévéa.

RIDLEY, en 1904, lorsqu'il signala pour la première fois l'apparition d'un parasite radiculaire sur l'hévéa [217] devait conclure que la mort de l'arbre était due à l'action parasitaire du champignon dont les fructifications apparaissaient sur les sujets mourants.

Il attribua ces fructifications à la présence de *Fomes semitostus*, champignon originellement enregistré par KLOTZSCH à l'île Maurice sous le nom de *Polyporus lignosus*.

BERKELEY, examinant des spécimens de Ceylan, les décrivit sous le nom de *Polyporus contractus*, tandis que FRIES nommait ses échantillons de Cuba, *Fomes auberianus* [193].

LLOYD, en 1912, décrivit pour la première fois ce champignon parasite sous le nom devenu familier de *Fomes lignosus* et, en 1915 [144], dans son « Synopsis of the genus Fomes », il devait présenter *Fomes lignosus* (KLOTZSCH) BRES. comme une espèce bien définie.

PETCH [193] se ralliait à cette conception en 1914 et, en 1921, dans son traité devenu classique sur les maladies de l'hévéa [196], il décrivait le champignon sous son nouveau nom.

Les difficultés de nomenclature, qui paraissaient résolues à ce moment, ne devaient pas tarder à renaître avec la publication de VAN OVERHEEM [306]. Cet auteur déclarait en 1924 que *Fomes lignosus* (KLOTZSCH) BRES.

n'était qu'une forme d'un champignon très polymorphe, du fait de sa distribution mondiale, qu'il rattachait à une nouvelle espèce : *Rigidoporus microporus* (SWARTZ) VAN OV. nov. comb. Cette espèce selon VAN OVERHEEM incluait 34 champignons précédemment baptisés de noms différents et qui, dans son opinion, étaient des synonymes (1).

Suite à cette proposition de VAN OVERHEEM, PETCH devait procéder à une nouvelle et sérieuse révision de la nomenclature. En 1928, il donnait ses conclusions suivant lesquelles il n'approuvait pas les opinions de VAN OVERHEEM, notamment en ce qui concernait l'identité de *Fomes lignosus* et *Polyporus zonalis*. Il arrivait même, à la suite d'une série de déductions bien fondées, à prétendre qu'en fait, ce qu'on appelait le *Fomes lignosus* de l'hévéa était une espèce non encore dénommée.

WEIR ne devait pas non plus se rallier à l'opinion de VAN OVERHEEM. Ayant réétudié le spécimen original de KLOTZSCH, il affirma que le nom de *Fomes lignosus* pouvait être maintenu pour désigner le champignon de la pourriture blanche des racines de l'hévéa. SHARPLES, en 1936, se montra du même avis.

Ainsi, la question n'est toujours pas définitivement tranchée; en fait, comme la dénomination du parasite ne présente qu'un intérêt très secondaire pour le praticien, nous continuerons, au cours de cet exposé, à appeler le champignon par son nom devenu familier de *Fomes lignosus* (KLOTZSCH) BRES. jusqu'à ce que l'étude de la systématique soit achevée.

2. - *DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE.*

Le *Fomes lignosus* est un champignon largement distribué dans le monde. Il est particulièrement connu dans les zones équatoriale et tropicale. Enfin, l'hévéa en a souffert dans toutes les régions où sa culture s'est établie.

Extrêmement polyphage, comme nous le verrons au paragraphe suivant, il a été signalé sur diverses plantes dans les régions suivantes :

---

(1) VAN OVERHEEM, C. et WEESE, J., Polyporaceae. *Rigidoporus microporus* (SWARTZ) VAN OV. Icones Fungorum Malayensium, V, Vienne, 1924.

Liste des synonymes, selon VAN OVERHEEM :

Boletus microporus SWARTZ
Fomes microporus (SWARTZ) FRIES
Polyporus lignosus KLOTZSCH
Polyporus inconspicuus MIQUEL
Polyporus surinamensis MIQUEL
Polyporus zonalis BERKELEY
Polyporus rigidus LÉVEILLE
Polyporus rugulosus LÉVEILLE
Polyporus auberianus MONTAGNE
Polyporus connexus LÉVEILLE
Polyporus plumbeus LÉVEILLE
Polyporus diffusus FRIES
Fomes kamphöveneri FRIES
Polyporus contractus BERKELEY
Polyporus jelinekii REICHARDT
Polyporus spilinteus BERKELEY et BROOME
Polyporus pusiolus CESATI
Polyporus rufopictus BERKELEY et CURTIS
Fomes pusiolus (CESATI) SACCARDO
Polyporus polymorphus HOLTERMANN
Fomes rugulosus (LÉVEILLE) HENNINGS
Polystictus holtermanni SACCARDO et SYDOW.
Coriolus honduriensis MURRILL
Rigidoporus surinamensis (MIQUEL) MURRILL
Fomes semitostus PETCH
Polystictus honduriensis (MURRILL) SACCARDO et TROTTER
Fomes lignosus (KLOTZSCH) BRESADOLA
Ungulina contracta (BERKELEY) PATOUILLARD
Ungulina auberiana (MONTAGNE) PATOUILLARD
Leptoporus rugulosus (LÉVELILE) PATOUILLARD
Phaeolus rigidus (LÉVEILLE) PATOUILLARD
Rigidoporus evolutus (BERKELEY et CURTIS) MURRILL
Rigidoporus microstomus (BERKELEY et CURTIS) MURRILL
Fomes auberianus (MONTAGNE) MURRILL

Malaisie - Ceylan - Java - Sumatra - Bornéo - les Indes - Nouvelle Guinée - Cuba - Mexique - Brésil - Philippines - Guadeloupe - Suriname - Maurice - Hawaï - Japon - Samoa - Nicaragua - Jamaïque - Tahiti - Australie - Floride - Madagascar - Indochine - Golfe de Guinée (Fernando-Po) - Congo belge - Côte d'Ivoire - Libéria, etc.

Même dans son aire d'origine et de dispersion, l'hévéa subit les attaques du *Fomes*. Weir [325] en 1926 devait en effet signaler le parasite dans toute la vallée de l'Amazone, surtout en terrains bas.

3. - *PLANTES-HOTES.*

Petch, en 1914 [193], donnait une première série d'indications sur les plantes susceptibles d'héberger le *Fomes lignosus*. Il signalait qu'à Ceylan, les terrains cultivés par les indigènes et laissés ensuite en jachère (Chena land) présentaient encore des dangers d'infection du fait de la présence de souches d'*Artocarpus integrifolia*. Il signalait encore à Ceylan l'abondance relative du *Fomes* sur des souches de *Ficus elastica* (*), *Bombax malabaricum* (*), et *Derris dalbergioides*.

En Malaisie, il était déjà bien connu à cette époque comme cause de pourridié sur caféier, manioc, hévéa et camphrier.

Van Overheem en 1924 [306] accompagnait sa description de *Rigidoporus microporus* (Swartz) Van Ov. d'une liste de plantes susceptibles; on y trouvait les espèces suivantes :

Hevea brasiliensis, Theobroma cacao, Thea sp., *Cocos nucifera, Areca catechu, Livistona* sp., *L. cochinchinensis, Oncosperma* sp., *O. filamentosum, Coffea* sp., *Cinnamomum* sp., *C. camphora, Derris* sp., *Manihot utilissima* (*), *Annona squamosa* (*), *A. glabra* (*), *Artocarpus* sp., *A. integrifolia, Afzelia* sp. (*), *Bambusa* sp., *B. spinosa, B. vulgaris, Berrya* sp., *Bombax* sp. (*), *Cordia myxa* (*), *Cyclostemon* sp., *Dendrocalamus* sp., *Erythrina indica* (*), *Ficus* sp. (*), *F. benjamina* (*), *Gliricidia sepium, Koompassia* sp., *Leucaena glauca, Mangifera indica* (*), *Mallotus* sp. (*), *Pterocarpus* sp. (*), *Polyalthia* sp. (*), *Shorea guiso, Strychnos nux-vomica* (*) et *Vitex* sp. (*).

Weir [325] rapporta, de sa mission dans le bassin de l'Amazone en 1926, une liste d'hôtes qui comprenait notamment :

— Des espèces où le *Fomes* fut découvert sur les racines vivantes : *Hevea, Artocarpus integrifolia, Coffea arabica, Cocos nucifera, Theobroma cacao* et *Ficus* sp.

— Diverses espèces dont les souches ou les racines mortes hébergeaient le *Fomes*: *Hevea brasiliensis, Mangifera indica* (*), *Cecropia* sp., *Artocarpus*

(*) Les genres et espèces marqués d'un astérisque sont également représentés au Congo belge.

incisa, Hura crepitans, Trichanteria gigantea, Inga sp., *Lucuma macrocarpa, Mombax munguba* (*), *Carapa guianensis* (*), *Tecoma* sp., *Calcycophyllum spruceana* et *Ceiba pentandra* (*).

WEIR ajoutait que, dans la plupart des cas, les hôtes appartenaient à des espèces à bois tendre; cependant, une récolte du champignon fut faite sur les racines d'une souche de *Calcycophyllum spruceana,* l'un des bois les plus durs d'Amazonie.

SHARPLES en 1936, après avoir donné une énumération qui reprend la plupart des espèces déjà citées plus haut, soutenait l'opinion de PETCH suivant laquelle il est matériellement impossible d'opérer sélectivement une élimination des souches porteuses de *Fomes,* tant ce champignon est largement répandu. Par contre, il admettait la possibilité de détecter certaines espèces particulièrement nuisibles qu'il était indispensable d'éliminer d'un défrichement.

NOSTI [177], dans une note parue en 1943, signalait à Fernando-Po les dégâts causés par *Fomes lignosus* sur : hévéa, caféier, cacaoyer, *Artocarpus, Erythrina, Cocos* et beaucoup d'espèces arborées spontanées.

MURRAY [160], qui étudia spécialement le problème des plantes de couverture en relation avec les maladies radiculaires, signale diverses espèces qui sont sujettes aux attaques de *Fomes : Tephrosia candida* (*), *Crotalaria* sp. (*) et *Clitoria cajanifolia* (*) parmi les couvertures érigées. Parmi les couvertures rampantes : *Dolichos hosei* (*Vigna oligosperma*) (*), *Centrosema pubescens* (*) et *Calopogonium mucunoides* (*).

En 1935, MALLAMAIRE [148] citait les hôtes suivants à la Côte d'Ivoire : *Coffea* sp., *Hevea brasiliensis, Theobroma cacao, Albizzia sassa* (*), *A. ferruginea* (*), *Ficus asperifolia* (*), *F. exasperata* (*), *Musanga smithii* (*) (1), *Eriodendron anfractuosum* (*) (2), *Piptadenia africana* (*).

Parmi les espèces qui ne seraient pas attaquées, il énumère les suivantes : *Lophira procera* (*), *Afzelia africana* (*), *Chlorophora excelsa* (*) et *Erythrophloeum guineense* (*). A ce propos, l'auteur émettait l'opinion que les espèces à grand développement et à bois plus dense seraient plus résistantes au *Fomes.* Le même auteur [149], en 1949, confirmait les opinions ci-dessus synthétisées et ajoutait à la liste des plantes susceptibles le kolatier et diverses légumineuses : *Albizzia gummifera* (*) (3), *Leucaena glauca, Tephrosia candida, Cajanus indicus.*

Pour le Congo belge, STANER [256] signalait en 1930 : *Ficus* sp., *Hevea, Leucaena glauca, Albizzia* sp. et *Theobroma cacao* comme hôtes susceptibles au *Fomes.*

---

(1) *Musanga smithii* R. BR. = *M. cecropioides* R. Br. apud TEDLIE.
(2) *Eriodendron anfractuosum* DC. = *Ceiba thonningii* A. CHEV.
(3) *Albizzia gummifera* C. A. SMITH : *A. calaensis* DE WILD. ou *A. adianthifolia* (SCHUMACH.).



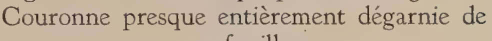


Fig. 1. — Hévéa attaqué par *Fomes lignosus*. Couronne presque entièrement dégarnie de ses feuilles.

(Photo Pichel)



Fig. 2. — Hévéa attaqué par *Fomes lignosus*. La plupart des branches inférieures sont dépourvues de feuilles.

(Photo Falize)



Fig. 3. — Dépérissement de la couronne d'un hévéa sous l'action d'une attaque de *Fomes lignosus*.

(Photo Falize)

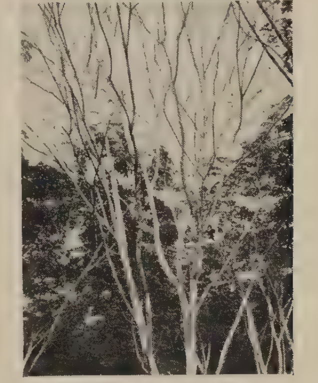


Fig. 4. — Charpente d'un hévéa mort sur pied des suites d'une infection par *Fomes lignosus*.

(Photo Falize)



Fig. 5. — Branchettes partiellement dégarnies de feuilles sous l'action d'une attaque radiculaire par *Fomes lignosus*.
(Photo Falize)



Fig. 6. — Apparition de nombreux gourmands sur la tige d'un jeune hévéa attaqué par *Fomes lignosus*.



Fig. 7. — Bouquet de feuilles anormales à l'extrémité de branchettes dégarnies de leurs feuilles normales.
(Photo Falize)

STEYAERT [271, 272] devait donner une liste importante d'espèces dont les souches semblent héberger le *Fomes : Blighia wildemaniana* (1), *Ficus* sp., *Polyalthia suaveolens, Celtis* sp., *Celtis brieyi, Gossweilerodendron balsamiferum, Albizzia gummifera, Irvingia* sp., *Staudtia gabonensis, Synsepalum dulcificum, S. cordatum, Xylopia africana* (2), *Panda oleosa, Anonidium mannii, Microdesmus puberula, Pycnanthus kombo* (3), *Guarea laurentii, Scorodophloeus zenkeri. Cola griseiflora* et *Dialium* sp.

Certaines essences, selon l'auteur, ne manifesteraient l'infection que plusieurs années après l'abattage (*Chrysophyllum lacourtianum, Diospyros* sp., etc.), tandis que d'autres ne furent encore jamais observées portant des carpophores : *Cynometra hankei, Afrormosia elata, Dialium yambataense, Strombosia grandifolia* et *Strombosiopsis tetrandra.*

Parmi les arbres des recrus et des forêts secondaires, STEYAERT attirait spécialement l'attention sur *Macaranga* aff. *zenkeri, Myrianthus arboreus* et *Caloncoba glauca* qui semblent particulièrement réceptifs au *Fomes*. Le *Caloncoba* semble même susceptible à l'état vivant. Le même auteur signalait encore *Elaeis guineensis* comme hôte peu connu.

En ce qui concerne le problème particulier de la susceptibilité des souches au *Fomes,* nous aurons l'occasion de préciser ultérieurement, dans un paragraphe consacré à des études récentes, l'état actuel de nos connaissances à ce sujet.

On peut déjà se rendre compte, par l'exposé qui précède, de la multiplicité des hôtes possibles pour le *Fomes;* et il est logique de penser que cette énumération est loin de comprendre tous les hôtes possibles du parasite. C'est dire que le danger pour l'hévéaculture est présent dans des conditions très diverses, et d'une manière générale dans toute situation où des plantes ligneuses précèdent l'établissement de l'hévéa.

4. - *DIAGNOSE.*

a) *Symptômes extérieurs.*

Une attaque de *Fomes,* qui atteint un certain degré de gravité, arrive normalement à réduire la capacité d'absorption du système radiculaire jusqu'à faire apparaître des réactions assez typiques dans la couronne des arbres affectés (fig. 1, 2, 3 et 4).

Ces réactions, évidemment très variables suivant l'âge des sujets et l'intensité de l'attaque, commencent par une décoloration des feuilles, qui jaunissent, prennent parfois des teintes rouge-cuivré, se flétrissent enfin plus ou moins rapidement et tombent.

---

(1) *Blighia wildemaniana* GILG. : *B. welwitschii* (HIERN) RADLK.
(2) *Xylopia africana* : *X. hypolampra* MILDBR.
(3) *Pycnanthus kombo* (BAILL.) WARB. : *P. angolensis* (WELW.) EXELL.

De nouvelles pousses foliaires accompagnent souvent ces premières réactions : les nouvelles feuilles restent de taille plus petite, d'un vert plus clair et, ce qui est surtout caractéristique, se présentent en bouquets densément occupés, localisés le plus souvent à l'extrémité de branchettes complètement ou partiellement dégarnies de feuilles normales [1] (fig. 5 et 7).

Simultanément, ou juste après le processus de flétrissement des feuilles, on observe la mort progressive des branches, qui s'étend à partir des branchettes situées au sommet et à la périphérie de la couronne, jusqu'aux branches principales constituant la charpente. Finalement l'arbre meurt et il reste sur pied un squelette complètement dénudé, au milieu d'individus apparemment normaux (fig. 3 et 4). Parfois deux ou plusieurs arbres voisins accusent presque simultanément les mêmes symptômes; c'est une attaque en forme de plage qui se dessine.

Beaucoup d'arbres attaqués présentent encore, à côté des réactions foliaires précédemment décrites, des floraisons anormalement abondantes, souvent localisées sur des branches plus ou moins dégarnies de feuilles normales (fig. 8).

De jeunes individus réagissent parfois en formant de multiples rejets (fig. 6).

La production de latex qui marque une chute graduelle ou brutale peut encore constituer un signe d'attaque par *Fomes lignosus*, avec ou sans accompagnement immédiat de réactions dans la couronne. Lorsque ces dernières réactions interviennent, depuis le jaunissement des feuilles et leur chute jusqu'à la mort de nombreuses branches, la production décroît généralement très vite jusqu'à cessation complète, quand ce tarissement n'est déjà pas intervenu avant l'apparition des premières réactions foliaires.

Il faut noter que la chute de production, aussi bien que les réactions se marquant dans la couronne, peuvent se manifester plusieurs mois avant que la maladie n'ait atteint le collet de l'hévéa.

Tous ces signes extérieurs n'ont rien d'absolu et il faut se garder de porter des jugements hâtifs sur la foi d'observations ayant enregistré l'un ou plusieurs symptômes décrits plus haut. Nous allons voir, en effet, que plusieurs de ces réactions peuvent relever d'autres causes.

Le jaunissement des feuilles et leur chute, totale ou partielle, ne sont pas nécessairement induits par la présence d'un pourridié. Bien que les probabilités en faveur de cette présence soient plus grandes quand les réactions foliaires se situent en saison humide, il se peut toujours qu'un hévéa accuse des signes d'hivernage même en saison pluvieuse; les observations phénologiques réalisées à Yangambi nous ont confirmé ce fait.

---

(1) Weir, J., en 1926, signalait comme symptôme extérieur caractéristique le feuillage clair (« A pathological survey of the Para Rubber tree in the Amazon Valley » - U. S. Dept Agric., Bull. 1380, 129 pp., 21 pl., 1926).

Par contre, des attaques du pivot et des racines latérales provoquent rapidement, chez les individus particulièrement sensibles, des réactions foliaires et des chutes de production.

Ainsi, l'apparition de ces symptômes ne constitue qu'une présomption de présence d'un pourridié, cette présomption étant d'autant plus sérieuse que la réaction se situe en saison plus humide sur des arbres greffés (1), avec combinaison des autres symptômes déjà signalés affectant les repousses foliaires et les branchettes périphériques.

Signalons encore à ce propos qu'en cas d'attaque sérieuse du système radiculaire, les jeunes sujets (2 à 3 ans d'âge) marquent une fanaison des feuilles plus brutale que les sujets plus âgés (2).

Il se peut encore que des réactions foliaires restent localisées à quelques branches, ou à une partie de la couronne; elles correspondent alors souvent à une attaque de racines situées du même côté.

La présence de branches mortes ou d'une couronne entièrement dénudée ne sont pas exclusivement attribuables à un pourridié. D'autres maladies d'origine parasitaire sont en effet capables de provoquer un « die-back » partiel ou total de la couronne (3). Enfin, la foudre peut affecter des individus et leur donner un faciès d'arbre « mort de *Fomes* ».

Dans le cas où l'on se trouve en présence d'arbres morts sur pied depuis un certain temps, il est toujours difficile, même pour un spécialiste, de préciser l'origine exacte du mal. A ce moment, en effet, l'écorce et même le bois sont déjà colonisés par quantité d'organismes saprophytes et d'insectes qui rendent tout diagnostic aléatoire. Ainsi, même l'ouverture d'une cuvette au pied d'un arbre mort depuis longtemps n'est pas toujours un moyen infaillible de détection du mal, quand on le croit attribuable à un pourridié.

La chute progressive ou brutale de la production de latex peut trouver son origine dans un début de nécrose sèche de l'écorce (« Brown bast » ou «Bruinen binnen bast») (4) ou dans des conditions climatiques défavorables. Il faut rappeler à ce sujet que les semenceaux clonaux notamment, du fait de la variabilité qui les affecte, réagissent souvent de manière très différente à certaines modifications du milieu induites par le climat. Les réactions des individus à des attaques du système radiculaire se marquent, elles aussi, de manière très variable dans leur potentiel productif, ainsi que nous pourrons

---

(1) Les greffés réagissent en effet avec beaucoup plus d'ensemble aux conditions climatiques. Ainsi, il est rare de trouver un hévéa greffé qui hiverne en saison pluvieuse, alors que ce fait est plus fréquent chez les semenceaux.

(2) Il y a lieu de noter que cette fanaison rapide peut aussi s'observer sur des individus qui viennent de subir l'amputation de plusieurs racines à la suite d'une inspection sanitaire accompagnée de mesures curatives.

(3) Un cryptogame du genre *Diplodia* a causé quelques dégâts à Yangambi sur des seedlings clonaux de Y.77/42 en 1951. Le faciès de l'arbre attaqué correspond, à s'y méprendre, à celui d'un arbre gravement attaqué par le *Fomes*.

(4) On sait que le « Brown bast », ou B.B.B. (« Bruinen binnen bast »), est une maladie physiologique qui affecte le panneau de saignée de l'hévéa. Elle consiste en une nécrose progressive des tissus corticaux. Les premières manifestations du mal s'extériorisent par des irrégularités dans la production, tantôt anormalement élevée, tantôt plus faible que la normale. Les symptômes caractéristiques de la maladie se déclarent à l'occasion de la saignée : le latex ne suinte plus normalement sur toute la surface de l'encoche, mais seulement en quelques endroits bien localisés. L'écorce, qui se dessèche et prend une consistance granuleuse, se tarit bientôt complètement et il apparaît des fendillements plus ou moins accentués qui intéressent toute la profondeur de l'écorce. Peuvent ensuite intervenir des formations noduleuses d'origine ligneuse, qui déforment le tronc et le rendent impropre à une exploitation normale.

en juger ultérieurement en analysant les effets des maladies radiculaires sur la production.

On peut donc voir, à la suite de cette brève discussion, que les symptômes extérieurs décrits ci-dessus ne constituent jamais *a priori* une preuve formelle de la présence d'une maladie radiculaire. Seul un examen soigné du système radiculaire peut fournir des indications précises à ce sujet.

Il est cependant utile de connaître quels sont les signes extérieurs par lesquels des parasites du type *Fomes* peuvent manifester leur présence; leur connaissance permet d'avoir l'attention rapidement attirée sur la présence éventuelle de pourridiés dans une plantation.

Dans l'éventualité où des symptômes extérieurs se manifestent dans des champs d'hévéas supposés indemnes d'attaques radiculaires, il est recommandable de procéder immédiatement à un dégagement systématique des collets et des racines latérales, ne serait-ce que sur un hectare, en ayant soin d'inclure dans cette inspection les arbres qui marquent des réactions foliaires caractérisées. Ceci permettra de détecter dans le plus bref délai la présence éventuelle de champignons parasites.

L'expérience du planteur aidant, il arrivera un jour où il sera capable de prédire avec certitude, dans 80 % des cas, la présence d'un pourridié en fonction de l'aspect de la couronne. En attendant d'acquérir cette expérience, il n'y a qu'une méthode de valeur absolue : c'est le contrôle individuel des systèmes radiculaires. Il ne faut d'ailleurs pas oublier qu'un hévéa qui marque de telles réactions dans la couronne est généralement attaqué à un stade qui ne permet plus l'intervention curative avec succès. Ainsi, il ne faut voir dans les symptômes extérieurs qu'un moyen d'attirer l'attention sur la présence possible des pourridiés dans des situations où ces maladies n'étaient pas prévisibles.

La présence de carpophores (fructifications du champignon) de *Fomes,* soit sur des souches ou des débris ligneux, soit encore sur des troncs d'hévéas morts ou dépérissants, fait évidemment acquérir aux symptômes extérieurs précédemment décrits une valeur proche de la certitude quant à la nature du mal qui sévit dans une plantation.

Nous ne pourrions en terminer avec les symptômes extérieurs de la maladie due à *Fomes lignosus* sans signaler un faciès particulier relevé par divers auteurs sur des jeunes sujets en pépinière ou en champ. Il s'agit de cannelures à la base du jeune tronc; cet aspect serait lié à la présence d'un pourridié (PETCH et CRAMER). WEIR devait signaler ce faciès en Amazonie sur des arbres plus âgés et attaqués par le *Fomes*. L'aspect cannelé de la base de l'hévéa (fig. 9) serait provoqué, selon cet auteur, par des renflements correspondant à un développement anormal des racines latérales, conséquemment à une attaque grave du pivot.

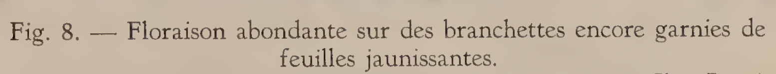


Fig. 8. — Floraison abondante sur des branchettes encore garnies de feuilles jaunissantes.

(Photo Falize)



Fig. 9. — Aspect cannelé de la tige d'un jeune hévéa (2 ans) sévèrement atteint par le pourridié à *Fomes lignosus*. (Photo Falize)



Fig. 10. — Formations rhizomorphiques de *Fomes lignosus* sur une racine en voie de pourriture. On notera la coloration rouge clair du mycélium situé au centre et la teinte jaunâtre des cordons rhizomorphiques visibles à l'extrême droite.

(Photo FALIZE)



Fig. 11. — Débris ligneux découvert en forêt, présentant des rhizomorphes rougeâtres de *Fomes lignosus*. Deux jeunes carpophores du parasite se sont développés sur la partie de racine qui affleurait la surface du sol.

(Photo FALIZE)



Fig. 12. — Mycélium de *Fomes lignosus* sur une racine d'hévéa. Rhizomorphes anastomosés et voiles mycéliens.
(Photo FALIZE)



Fig. 13. — Mycélium de *Fomes lignosus* sur une racine d'hévéa. Formations mycéliennes diffuses donnant un aspect de voile.
(Photo FALIZE)



Fig. 14. — Dispersion en éventail des cordons rhizomorphiques de *Fomes lignosus* sur une racine d'hévéa parasitée.

(Photo FALIZE)



Fig. 15. — Fragment agrandi de la figure 14, permettant de juger l'épaisseur des cordons rhizomorphiques par rapport à une échelle centimétrique de référence.

(Photo Falize)



Fig. 16. — Voile mycélien de *Fomes lignosus* sur une racine d'hévéa.
(Photo FALIZE)



Fig. 17. — Pourriture complète du pivot d'un hévéa adulte sous l'action de *Fomes lignosus*.
(Photo FALIZE)

Nos propres observations sur de jeunes sujets ont confirmé en partie cette assertion. En pépinière, l'aspect cannelé des tiges à la base correspond assez souvent à une pourriture déjà avancée du pivot. Dans la plupart des cas observés cependant, les signes foliaires par eux-mêmes suffisaient à pronostiquer la présence du pourridié.

Ce symptôme n'est donc pas d'une sécurité absolue et il l'est d'autant moins qu'on fait porter ces observations sur des sujets plus âgés. A ce moment, les influences diverses du milieu (sol, porte-greffe, saignée, etc.) ont joué depuis longtemps et ont contribué parfois à déformer la partie basale du tronc, de sorte que l'aspect cannelé n'a plus de relation certaine avec la présence d'un pourridié.

b) *Le pourridié* (1).

On sait que le *Fomes lignosus* est responsable de l'apparition d'une grave pourriture radiculaire sur l'*Hevea*. Ce pourridié a reçu diverses dénominations : « Pourridié blanc » ou « Pourriture blanche des racines de l'hévéa » en français; « White root disease » ou « White root rot » en anglais; «Witte wortelziekte» ou «Witte wortelschimmel» en néerlandais; «Weisse wurzelpilz » en allemand. Tous ces vocables font ressortir la teinte généralement blanche qui est celle du mycélium du champignon.

La présence du parasite se révèle surtout sur les racines par des cordons mycéliens (2), ou rhizomorphes, de couleur blanche, blanc jaunâtre ou rougeâtre (fig. 10 et 11). Dans ce dernier cas, il s'agit toujours d'un rouge orange clair et jamais d'un rouge vineux foncé comme ce sera le cas pour les rhizomorphes du *Ganoderma pseudoferreum*.

Ces colorations sont dues à l'influence du milieu et notamment à la nature du sol. En culture, les rhizomorphes sont toujours d'un blanc pur. En milieu naturel, ils sont le plus souvent d'un blanc jaunâtre. Il faut signaler encore que les rhizomorphes de *Fomes* ne se colorent pas par humidification.

Les cordons rhizomorphiques se présentent parfois isolément, courant plus ou moins longitudinalement sur la racine (fig. 11), ou au contraire s'anastomosent pour former un réseau. Ce dernier cas, très fréquent à un certain stade de développement du champignon, se présente souvent quand il y a attaque des tissus (fig. 12).

Les rhizomorphes, parfois réunis en formations épaisses, larges de plusieurs millimètres, donnent quelquefois naissance à une série de cordons mycéliens qui se dispersent en forme d'éventail sur la racine. C'est une forme très typique sous laquelle se présente fréquemment le système végétatif du champignon (fig. 10, 14 et 15).

(1) Pourridié = maladie cryptogamique affectant les racines d'une plante.

(2) Les *hyphes*, ou filaments élémentaires, s'agrègent pour former des cordons parfois épais auxquels on donne souvent le nom de *rhizomorphes*. Nous rappelons, pour mémoire, que les systèmes rhizomorphiques constituent le moyen végétatif de propagation du champignon.

Les rhizomorphes de *Fomes lignosus* sont fermement attachés à la surface de l'écorce, comme incrustés dans les rugosités du cortex.

C'est d'ailleurs ce caractère qui distingue le parasite d'autres champignons, saprophytes banaux, qui présentent à la surface des racines des filaments mycéliens aisément détachables.

Les rhizomorphes peuvent encore s'étendre sous forme d'hyphes qui s'unissent en un tissu continu donnant un aspect de voile blanc. Ce type de mycélium agrégé s'installe d'habitude au point limite de croissance du champignon, et il en constitue donc la partie la plus jeune (fig. 12, 13 et 16).

Les cordons, généralement très visibles quand les racines sont bien dégagées et que la terre n'est pas trop humide, peuvent s'étendre un certain temps sur les racines sans les parasiter. A un certain point de leur développement, ces cordons donnent naissance à des filaments qui pénètrent dans les tissus et provoquent leur nécrose. Ainsi, il est possible de découvrir des cordons mycéliens de *Fomes* sur une racine, sans qu'elle soit déjà parasitée.

Le mycélium de *Fomes,* à propagation externe aux racines, se développe exclusivement sous le niveau du sol. Dans certains cas particuliers (accumulation de débris végétaux contre la base d'un hévéa, par exemple), il arrive que le mycélium se développe sur le tronc, au delà du collet. Dans ce cas, il apparaît toujours sous forme de filaments minces, peu distincts des rugosités de l'écorce, ou encore sous forme d'un voile blanc par agrégation d'hyphes, ceci dans les cas de microclimat très humide. Nous n'avons par contre jamais trouvé de véritables cordons mycéliens au-dessus du collet, quelles que soient les conditions du milieu.

Nous pourrions maintenant résumer la suite logique des examens qui conduisent au diagnostic du mal :

— Le dégagement du collet, des racines latérales et d'une partie du pivot doit être fait le plus proprement possible pour permettre un examen convenable des surfaces radiculaires. (La technique même du dégagement sera discutée dans le chapitre traitant des méthodes de lutte).

— L'examen des parties dégagées peut révéler des filaments blancs, des cordons rhizomorphiques plus ou moins épais, disposés isolément, en réseau ou en éventail, ou encore des voiles blancs pouvant couvrir des parties entières de racines. On peut rencontrer, soit l'une ou l'autre de ces formes, soit le plus souvent les divers aspects sur un même organe de la plante.

— Le contrôle de la solidité de l'attache des cordons blancs sur l'écorce fournit déjà un premier élément de valeur pour l'établissement du diagnostic.

— Le grattage progressif des tissus sous-jacents aux formations mycéliennes permet de se rendre compte de leur état de santé. Si l'écorce

est trouvée nécrosée, brune et sèche, l'attaque en profondeur a déjà commencé.

Dans ce cas, on risque de trouver le bois déjà atteint, présentant une pourriture le plus souvent sèche avec coloration brune des tissus ligneux. A la limite de progression du champignon dans les tissus, on trouve le bois marqué de zonations brunes à noirâtres, qui voisinent avec du tissu apparemment encore sain, mais dont la coloration devient plus foncée que la normale.

A un stade plus avancé, on peut trouver des racines ou des pivots complètement pourris, les tissus subsistants étant complètement désorganisés, et où il n'est presque plus possible de discerner l'agent causal de la maladie (fig. 17 et 18).

La pourriture, qui est normalement sèche (« dry rot ») peut cependant évoluer en pourriture humide, probablement sous l'influence de certains facteurs du milieu, notamment grâce à l'intervention de certains microorganismes qui accompagnent le *Fomes* dans la colonisation des tissus parasités. Il faut préciser que, sous les diverses conditions que nous avons observées au Congo belge, la pourriture des racines due à *Fomes lignosus* est plus généralement sèche.

Par contre, dans certaines régions d'Extrême-Orient, on signalait les deux cas de pourriture comme étant d'incidence semblable. PETCH [196, 197] précisait à ce sujet que la pourriture due à *Fomes lignosus* était le plus souvent humide à Ceylan et sèche en Malaisie; à Ceylan, cependant, le faciès de l'attaque devenait différent dans des sols plus secs.

Il est à noter que, même dans les cas, rares chez nous, de pourriture humide et pour autant que l'observation porte sur des racines dont les tissus ne sont pas encore complètement désorganisés, le bois conserve une texture assez normale, à l'opposé de ce qui sera décrit pour le pourridié dû à *Ganoderma pseudoferreum.*

Enfin, contrairement à ce que nous dirons pour certaines pourritures provoquées par *Armillaria mellea,* la pourriture causée par le *Fomes* ne dégage que rarement une odeur nauséabonde : le plus souvent, on peut noter, émanant des tissus attaqués, une odeur plutôt agréable de champignon frais. Ordinairement, les odeurs désagréables vont de pair avec la pourriture humide, donc provoquée par des organismes saprophytes intervenant à titre secondaire.

Les symptômes décrits sur les racines latérales se retrouvent identiquement sur le pivot. En cas d'attaque de ce dernier organe, tous les aspects peuvent se présenter, depuis la nécrose à ses débuts jusqu'à la destruction complète du pivot, en passant par des cavités plus ou moins importantes, les unes en voie d'extension, les autres en voie de résorption avec présence d'un cal cicatriciel bordant les plaies.

Nous ne pouvons entreprendre de décrire ici en détail tous les cas possibles d'attaque et tous les faciès de la maladie. Les quelques principes énumérés plus haut, et les photographies de cas typiques qui figurent en marge du texte, pourront suffire, croyons-nous, à fixer les caractéristiques macroscopiques essentielles qui permettent de diagnostiquer la présence de *Fomes lignosus* sur un système radiculaire d'hévéa.

Certes, des erreurs de jugement sont toujours possibles et il n'est pas facile de déterminer avec certitude certains aspects particuliers de la maladie. Par contre, dans des situations reconnues infectées, là où des symptômes extérieurs sont apparus et où des racines dégagées présentent quelques-uns des faciès précédemment décrits, il reste bien peu de doute quant à l'origine du mal qui fait mourir les arbres sur pied.

c) *Le carpophore* [1].

— Localisation.

Les carpophores ne sont que très rarement trouvés sur les hévéas dans les plantations où s'effectuent des rondes sanitaires régulières. A Yangambi, il n'est possible d'en trouver que dans des parcelles abandonnées ou dans des champs témoins où on laisse mourir les arbres sur pied, pour observer l'évolution du mal en conditions naturelles.

Les carpophores n'apparaissent généralement que sur des hévéas tués par la maladie. Il est cependant possible que des carpophores se forment sur un hévéa vivant, à partir de mycélium s'étendant sur ses racines. Nous avons observé plusieurs fois ce cas au Mayumbe dans des plantations d'hévéas. Des arbres vivants, apparemment sains, présentaient à la base du tronc des fructifications caractéristiques de *Fomes lignosus* (fig. 19). Le dégagement du système radiculaire de ces arbres révéla dans la majorité des cas la présence d'une attaque sur une ou plusieurs racines latérales à une certaine distance du collet, ou encore une attaque du pivot à une certaine profondeur. De la zone d'attaque, le mycélium avait poursuivi son parcours en saprophyte jusqu'au collet où s'observait la formation d'un voile blanc caractéristique. Les carpophores se formaient alors au-dessus du niveau du sol; leur enlèvement laissait entrevoir une nécrose des tissus corticaux superficiels et une réaction subéreuse extrêmement nette au point d'attache du carpophore et au voisinage de celui-ci. Il n'y avait cependant pas d'attaque profonde des tissus sous-jacents.

Dans la grande majorité des cas, ces carpophores apparaissent sur les souches qui restent sur le terrain après les opérations de défrichement de la

(1) On sait que le carpophore est l'organe de fructification du champignon.
Le carpophore, dans le cas de *Fomes lignosus*, est composé d'un stroma charnu, développé en forme de console (chapeau) et dépourvu de pied distinct (carpophore non pédonculé, ou sessile). La zone supérieure du carpophore est constituée par un faux tissu (stroma) composé d'hyphes étroitement entrelacés, c'est la partie stérile. La zone inférieure, fertile, est constituée de tubes plus ou moins cylindriques, étroitement associés, perpendiculaires à la face supérieure du carpophore. Ces tubes sont tapissés intérieurement par l'hyménium, ou tissu fertile, constitué par un pavage de basides (produisant des basidiospores) entremêlées de grands poils stériles appelés cystides. Les tubes s'ouvrent sur la face inférieure par les pores qui permettent la dispersion des basidiospores arrivées à maturité.

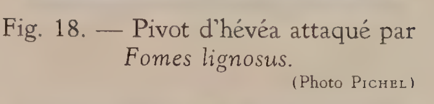


Fig. 18. — Pivot d'hévéa attaqué par *Fomes lignosus*.
(Photo Pichel)



Fig. 20. — Forme résupinée du carpophore de *Fomes lignosus* au collet d'un jeune hévéa.
(Photo Pichel)



Fig. 19. — Carpophores de *Fomes lignosus* sur un hévéa vivant; on notera l'écoulement du latex à partir de la blessure réalisée à dessein.
(Photo Pichel)



Fig. 21. — Groupes importants de carpophores de *Fomes lignosus* sur une souche de *Blighia wildemaniana* âgée de 10 ans.
(Photo Falize)



Fig. 22. — Aspect caractéristique des carpophores de *Fomes lignosus*, développés en consoles semi-circulaires. (Photo Falize)



Fig. 23. — Groupe de jeunes carpophores de *Fomes lignosus*.
(Photo FALIZE)



Fig. 24. — Vue de profil d'un amas de jeunes carpophores de *Fomes lignosus*.
(Photo FALIZE)



Fig. 25. — Face supérieure d'un groupe de carpophores âgés.
(Photo FALIZE)

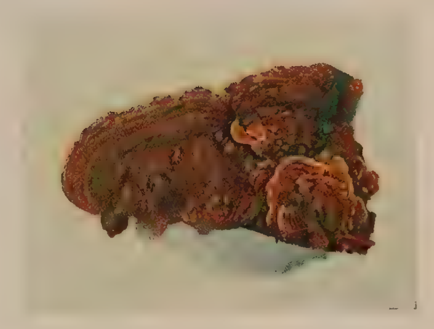


Fig. 26. — Face supérieure de carpophores âgés de *Fomes lignosus*.
(Photo FALIZE)



Fig. 27. — Face inférieure des jeunes carpophores de *Fomes lignosus*.
(Photo FALIZE)



Fig. 28. — Face inférieure d'un amas de jeunes carpophores de *Fomes lignosus*.
(Photo FALIZE)

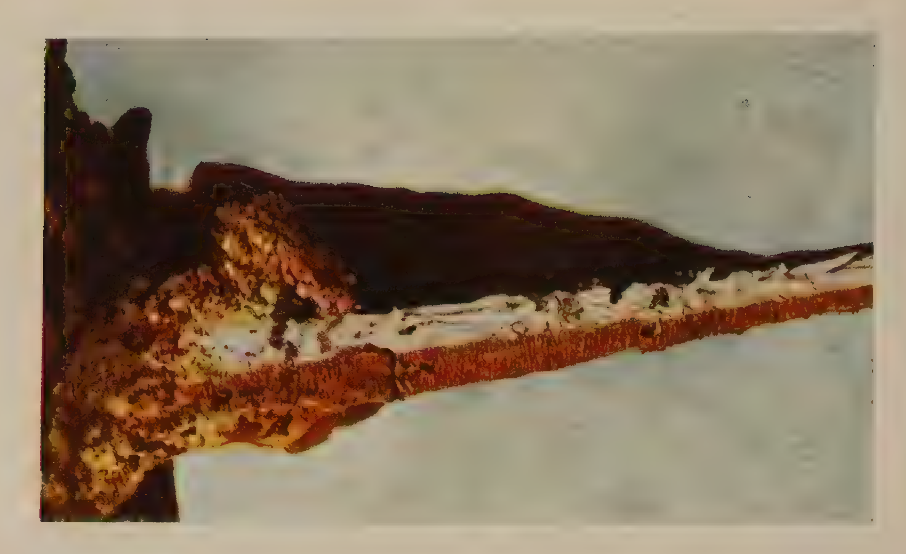


Fig. 29. — Vue en coupe d'un carpophore de *Fomes lignosus* faisant apparaître les deux zones de structure et de coloration différentes.

(Photo FALIZE)



Fig. 30. — Forme résupinée du carpophore de *Fomes lignosus* sur un fragment ligneux complètement colonisé par le parasite.

(Photo FALIZE)

forêt initiale. On en trouve encore parfois sur des débris ligneux affleurant à la surface du sol (fig. 11).

En Malaisie et en Indonésie, on a même affirmé que les carpophores ne se formaient pas nécessairement sur un substrat ligneux, et divers auteurs les ont signalés à flanc de colline ou sur les parois de tranchées de drainage, ayant comme substrat des pierres plus ou moins volumineuses.

A Yangambi, on en a trouvés assez fréquemment autrefois sur les parois des tranchées d'isolement des arbres malades, et actuellement encore dans les cuvettes ouvertes au pied des arbres pour l'examen du système radiculaire. Le substrat des carpophores est ici toujours ligneux, constitué par des débris de racines plus ou moins décomposées.

A l'opposé du mycélium qui se propage toujours sous le niveau du sol, le carpophore se forme exclusivement au-dessus du sol.

— Forme et dimensions.

Le carpophore de *Fomes lignosus* se développe horizontalement en forme de console semi-circulaire, dépourvue de pédoncule (fig. 22 à 28). Le chapeau du champignon est donc attaché directement au substrat par sa base fortement élargie et lignifiée (fig. 28 et 29).

D'épaisseur très variable, il est plus souvent assez mince (1/2 cm environ); typiquement, le chapeau, qui est plus épais au niveau du substrat (normalement de 1,5 à 2 cm à la base atteignant parfois 4 à 5 cm), va en s'amincissant vers les bords. On peut cependant trouver des spécimens plus épais : 1 à 2 cm ([1]).

Quelle que soit l'épaisseur du carpophore, on note l'amincissement régulier vers les bords, ceux-ci étant renflés et arrondis chez les jeunes exemplaires frais, et au contraire minces et tranchants chez les sujets âgés (fig. 23 à 28).

A l'état frais, le chapeau est parfois légèrement concave vers le centre, en forme de coupe évasée. A l'état sec, il peut s'enrouler vers le bas, toujours en partant des bords.

Les carpophores peuvent apparaître isolément, avec toutes les dimensions possibles de développement, entre quelques centimètres et 50 cm de largeur, en fonction des conditions de milieu plus ou moins favorables. Très souvent ces carpophores se présentent par groupes de sujets de toutes dimensions qui se chevauchent comme des tuiles, parfois très serrés et même soudés entre eux pour former des amas importants. En même temps, de nouveaux carpophores se forment sur les côtés des anciens avec lesquels ils fusionnent. Il n'est pas rare non plus de voir des jeunes fructifications surgir sur des

(1) Van Overheem [306] signalait que certains carpophores, par croissance prolongée des tubes, pouvaient atteindre 6 cm d'épaisseur. C'est ce qu'il appelait une « forme Fomes » en opposition avec la forme *Polyporus* dont le carpophore est mince.

consoles plus anciennes (fig. 26). On trouve ainsi parfois des accumulations de plus de 1 m de largeur sur des grosses souches (fig. 21). De même, en bonnes conditions, certaines souches fortement colonisées présentent des masses de carpophores croissant non seulement en largeur, mais les uns au-dessus des autres, sur des distances variables, pouvant atteindre 75 cm à 1 m. Ces masses de fructifications sont souvent réunies à la base par un coussinet continu, provenant de la soudure des parties basales des carpophores.

La face supérieure du chapeau est presque lisse à l'état frais, avec des zones concentriques plus ou moins nombreuses et d'un relief parfois bien accusé. Chez les vieux carpophores, ces zones prennent toujours un relief très marqué, tandis que des rides radiaires peuvent se former. Celles-ci sont représentées par une structure radiaire fibreuse très fine (fig. 25 et 26).

— Coloration.

La coloration des carpophores est très variable selon l'âge et les conditions de milieu, notamment l'humidité.

La *face supérieure* des jeunes carpophores est d'abord d'une coloration orange vif, parfois orange jaune ou brun jaune, avec des zones concentriques de teinte plus foncée. La zone marginale, renflée en bourrelet chez les jeunes spécimens, présente toujours une zone stérile au bord inférieur; cette zone est plus souvent régulière, parfois onduleuse, blanc jaunâtre ou jaune vif, plus rarement orange vif (fig. 11, 23 et 24).

Quand la teinte de la face supérieure s'apparente au brun rouge foncé, la zonation devient moins perceptible.

Avec l'âge et la dessiccation progressive, la coloration rouge brun disparaît graduellement et donne une zonation où des bandes de rouge brun alternent avec des zones concentriques jaune brun. Parfois le rouge brun initial pâlit et se marque de fines lignes concentriques d'un brun plus foncé. Finalement, les carpophores évoluent vers des teintes jaune brunâtre, jaune paille ou brun jaunâtre sale (fig. 25). Entretemps, la coloration jaune du bourrelet périphérique s'évanouit tandis que le bord lui-même s'amincit, devient tranchant et tend à se recourber vers le bas avec la dessiccation.

Quand les vieux carpophores sont desséchés, toutes les teintes sont neutralisées : une coloration générale d'un brun terne s'établit, parsemée de taches vertes dues à la présence de colonies d'algues (fig.26).

La *face inférieure* est d'une belle coloration orange brun vif à l'état jeune. Un léger grattage de la surface révèle une coloration brun rouge vif qui est celle de la zone des tubes (fig. 28). La face inférieure est parsemée de pores qui sont les ouvertures des tubes où naissent les spores. Les pores sont peu visibles à l'œil nu chez les jeunes exemplaires frais. Plus tard, ils deviennent distincts et se présentent comme un pointillé fin et régulier. Avec

l'âge, la coloration des pores tourne du brun rouge vif au brun foncé, puis, par dessiccation, au gris sale et même au gris violet foncé et au vert.

— Structure du carpophore.

Le carpophore est de consistance ligneuse, mais aisément cassable. En coupe, on distingue deux couches internes très différentes autant par la couleur que par la structure des tissus.

La zone supérieure (vers la face supérieure du chapeau), fibreuse, de structure homogène et communément appelée « chair du chapeau », est d'un blanc frais chez les jeunes carpophores, devenant blanc sale chez les spécimens âgés. C'est une zone de structure dense et serrée, qui devient plus ligneuse et plus cassante avec l'âge et la dessiccation.

La zone sous-jacente (zone des tubes sporogènes), rouge brun vif, est formée de tubes disposés perpendiculairement à la face supérieure du chapeau et étroitement serrés les uns contre les autres (fig. 29).

Dans les amas de carpophores, soudés les uns aux autres, on rencontre parfois plusieurs couches stratifiées de ces tubes. Ceux-ci sont de longueur variable, le plus souvent de 4 mm environ. Certains auteurs (Van Overheem notamment) signalent le fait que des tubes peuvent s'allonger jusqu'à 1,5 à 2 cm (forme dite « Fomes »).

Avec la dessiccation, les tubes d'un rouge brun vif prennent une coloration rouge orange, puis orange, parfois jaune. Cette zone reste en tout cas toujours distincte des tissus incolores du chapeau (fig. 29).

— Forme résupinée.

Sur la partie inférieure des troncs ou sur des débris ligneux de faible volume, en condition fort ombragée, on peut parfois observer des fructifications qui prennent l'aspect d'une lame rouge brun ou orange, plus ou moins épaisse, s'étendant sur le substrat auquel elle adhère fortement. Cette fructification très différente de la console habituelle est la forme dite « *résupinée* », qui présente généralement un bord stérile vivement coloré.

Nous avons observé ces fructifications sur des racines d'hévéa partiellement dégagées, et déjà colonisées par *Fomes lignosus*. Nous avons enfin trouvé de telles formations encroûtantes au collet de jeunes hévéas attaqués en pépinière (fig. 20 et 30).

§ 2. - ARMILLARIA MELLEA (Vahl ex Fr.) Quél.

1. - *CLASSIFICATION - NOMENCLATURE.*

L'*Armillaria mellea* est un champignon supérieur appartenant, comme le *Fomes lignosus*, à la classe des Basidiomycètes. Il se rattache à la famille

des Agaricaceae (1), bien connue par ses carpophores typiques, et surtout par le fait qu'elle groupe la plupart des champignons comestibles.

Décrit par VAHL en 1777 sous le nom d'*Agaricus melleus*, ou agaric miellé, il a été connu longtemps sous ce nom. C'est l'un des plus anciennement connus parmi les parasites radiculaires. HARTIG [117], en 1873, établit le premier que *Agaricus melleus* était la cause d'une sérieuse maladie radiculaire sur les résineux.

Au nom d'*Agaricus melleus* devait succéder celui d'*Armillaria mellea* qui est toujours en usage de nos jours. Il est encore appelé couramment « *armillaire* ». Certains auteurs, notamment en France, le baptisaient *Armillariella mellea*.

Signalons encore pour mémoire que PETCH devait décrire à Ceylan, en 1909, l'*Armillaria fuscipes* nov. sp. PETCH.

Ultérieurement, on devait reconnaître une similitude entre l'*Armillaria* de Ceylan et ceux de Java et de l'Ouest africain.

Une description du même parasite avait été faite à Java sous la dénomination *Armillaria mellea* (VAHL ex FR.) QUÉL. var. *javanica* P. HENN. : c'était une souche provenant de Tjibodas (1.400 m d'altitude).

A l'opposé du *Fomes lignosus* dont la propagation rhizomorphique est externe aux racines de l'hôte, l'*Armillaria mellea* appartient au groupe des parasites à rhizomorphes sous-corticaux.

2. - *DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE.*

L'*Armillaria mellea*, qui est l'un des plus communs et des plus destructeurs parmi tous les parasites radiculaires, a une distribution géographique extrêmement large, intéressant à la fois les régions tempérées et tropicales.

Dans toute l'Europe, il est connu des forestiers comme un dangereux ennemi de beaucoup de feuillus et de résineux.

C'est initialement en Allemagne et en Autriche qu'il fut reconnu comme parasite en forêt (HARTIG - CIESLAR - BREFELD - WAGNER), puis dans toute l'Europe Centrale et en Angleterre.

Il est connu depuis 1906 en Russie (Ukraine notamment) comme ennemi de beaucoup de feuillus et de résineux.

Il est également présent en Europe méridionale sur diverses cultures.
La plupart des régions tropicales, enfin, en sont affectées.

Signalons pour mémoire que sa présence a été signalée :

— en Afrique : Côte de l'Or, Togo, Cameroun, Congo belge, Tanganyika, Uganda;

(1) Les Agaricaceae forment des fructifications typiques en parapluie. Cette famille comprend la plupart des champignons comestibles. Au stade jeune, la fructification est entourée d'une enveloppe ou *volve*, parfois accompagnée d'une seconde membrane qui relie la partie supérieure du pied aux bords du chapeau. Lorsque celui-ci s'étale, la membrane se déchire, et il en subsiste un anneau, formant collerette autour du stipe.

La face inférieure du chapeau comporte des lames rayonnant à partir du stipe. Ces lames sont tapissées par l'hyménium.

— en Extrême-Orient : Japon, Java, Sumatra, Ceylan, Malaisie;
— aux Etats-Unis, tant dans la partie orientale que dans la partie occidentale du pays (Floride, Californie, Virginie, Maryland, Idaho, Caroline du Nord, etc.);
— en Australie.

3. - *PLANTES-HOTES.*

L'*Armillaria mellea* est parasite d'une grande série de conifères et d'arbres à bois dur, de buissons et même de plantes herbacées. On a déjà signalé dans la bibliographie plus de deux cents hôtes possibles pour ce champignon.

Parmi les essences forestières des régions tempérées, on a cité : chêne, hêtre (ces deux essences seraient seulement sensibles lors de la décroissance de leur vitalité), charme, érable, pins (surtout le pin sylvestre), mélèze et cèdre [143]. L'épicéa serait atteint plus rarement, tandis que le pin Weymouth et le sapin ne le seraient qu'exceptionnellement [150].

Parmi les plantes fruitières, on a signalé en Europe : pommier, poirier, prunier, cerisier, pêcher, figuier [143]. Le pourridié affecte également le noyer, le mûrier et la vigne. On devait même relever la présence du parasite sur la pomme de terre, l'iris, le fraisier et la bruyère [69].

Dans les régions tropicales, l'*Armillaria mellea* est parasite d'un grand nombre d'espèces arbustives ou buissonnantes : quinquina, cacaoyer, caféier, théier, hévéa, palmier *Elaeis*, bananier, kolatier, cocotier, avocatier, citronnier, manguier, poivrier, *Colocasia esculenta, Hibiscus esculentus, Rauvolfia vomitoria, Manihot utilissima, Phyllanthus discoideus, Ficus asperifolia, Chlorophora excelsa, Cola acuminata, Spathodea campanulata, Blighia sapida, Funtumia africana, Terminalia* sp., *Combretum* spp., *Pennisetum purpureum* et *Alchornea cordata* [211, 150, 88, 84].

Wallace, en 1934 [319], étudiait au Tanganyika l'incidence d'*Armillaria mellea* sur les arbres de forêt ombrophile et de savane, susceptibles de s'infecter après abattage. Ces travaux étaient à mettre en relation avec les dégâts constatés sur les caféiers et surtout les théiers; on songeait à les enrayer en procédant à un essouchement sélectif.

Wallace signalait que le nombre d'arbres susceptibles de s'infecter après abattage semblait illimité et il faisait une seule exception pour l'East African Camphor-wood (*Ocotea usambarensis*). A propos de la susceptibilité des arbres vivants, plus difficile à déterminer, il mettait en évidence la sensibilité de *Trema guineensis* (1) sur lequel il avait observé des plaques mycéliennes sous l'écorce jusqu'à 3 m au-dessus du niveau du sol. Le même auteur donnait encore une liste de plantes considérées comme susceptibles à *Armillaria* : *Acacia* sp. (indigène), *A. dealbata, A. decurrens, Acrocarpus*

(1) *Trema guineensis* (Schumach. et Thonn.) Ficalho = *T. orientalis* Blume.

fraxinifolius, Albizzia moluccana, Cajanus cajan, Calodendron sp., *Cedrela odorata, C. toona, Chlorophora excelsa, Citrus aurantifolia, C. aurantium, Crotalaria* sp., *Cupressus lusitanica, Cyphomandra betacea, Erythrina lithosperma, Eucalyptus citriodora, E. globulus, Jacaranda* sp., *Rosa* sp., *Sesbania* sp., *Widdringtonia whytei* et *Trema guineensis*. Enfin, l'armillaire n'avait pas encore été observé dans le territoire du Tanganyika sous une altitude de 1.000 m.

Wallace en 1937 [321] complétait les données précédentes par une nouvelle liste d'arbres indigènes dont les racines mortes, après défrichement, étaient infectées par *Armillaria mellea* [1].

En 1937, Hansford [113] considérait l'*Armillaria mellea* comme étant le parasite le plus dangereux du théier en Uganda.

Il signalait encore un pourridié à *Armillaria* sur *Hevea brasiliensis* dans des conditions de sol très humides. Cet auteur citait enfin les plantes-hôtes ci-après : *Hibiscus* sp., *Rosa* sp., *Eucalyptus* sp. et *Psidium guajava*.

Selon Hansford, le *Theobroma cacao* et le *Manihot utilissima* étaient peu atteints par *Armillaria mellea*.

Au Congo belge, Steyaert [271] signalait en 1948 quelques hôtes bien connus, notamment : *Theobroma cacao, Hevea brasiliensis* (à Lula, 1945), *Elaeis guineensis, Coffea canephora, Cinchona ledgeriana, Gossypium hirsutum, Leucaena glauca* et *Erythrophloeum guineense*.

L'énumération qui vient d'être faite est loin d'épuiser la série des hôtes possibles d'*Armillaria mellea*. Seules les difficultés de détection du mal sur les espèces spontanées de diverses régions ont limité ainsi les déterminations. Il est certain qu'avec le temps, ce dangereux parasite, capable de s'adapter sous des climats tempérés et tropicaux, sera reconnu sur quantité d'autres végétaux. Kogo Togashi au Japon [130] a même étudié *Armillaria mellea* formant une mycorhize avec une orchidée locale (*Gastrodia elata*).

Ce qu'il faut retenir comme un fait extrêmement curieux, c'est que *Armillaria mellea* a seulement été signalé en Afrique et surtout au Congo belge comme parasite de l'*Hevea brasiliensis* pour lequel il s'avère un ennemi des plus dangereux.

4. - *DIAGNOSE.*

a) *Symptômes extérieurs.*

Ce que nous avons décrit comme symptômes extérieurs au paragraphe traitant du *Fomes lignosus* reste encore d'application pour les cas d'attaque

(1) Dans ses « Notes on the susceptibility of indigenous trees to *Armillaria* », Wallace précisait que la susceptibilité de la plupart des espèces indigènes était faible lorsqu'elles étaient en vie, mais devenait grande après leur mort. Le *Trema guineensis* fut l'un des seuls arbres trouvés infectés de son vivant. Le seul cas connu de résistance est offert par l'East African Camphor-Wood (*Ocotea usambarensis*), dont on a examiné des souches jusqu'à 20 ans d'âge sans pouvoir déceler la présence d'*Armillaria*. Enfin, Wallace donnait une liste d'espèces dont les racines mortes, après abattage, furent trouvées infectées par *Armillaria*. Il citait notamment : *Piptadenia buchanani, Allanblackia stuhlmannii, Albizzia maranguensis, Berlinia scheffleri, Parinarium holstii, Sersalisia usambarensis, Strombosia grandifolia, Cynometra* sp., *Schefflerodendron usambarensis, Trema guineensis, Myrianthus arboreus, Ficus capensis, Harungana madagascariensis, Cola usambarensis, Sorindeia obtusifoliolata, Chrysophyllum zinnermannii, Anisophyllea obtusifolia, Piper umbellatum.*



Fig. 31. — Aspect d'un chancre à *Pythium* affectant le panneau de saignée d'un hévéa.

(Photo FALIZE)



Fig. 32. — Aspect du même chancre (fig. 31) après enlèvement de la masse de caoutchouc. Les traînées blanches visibles sur le bois sont des tissus en voie de régénération.

(Photo FALIZE)



Fig. 33. — Chancre à *Pythium* déterminant la formation d'une masse de caoutchouc visible à l'extrême droite (lump-kanker).

(Photo FALIZE)



Fig. 34. — Aspect du même hévéa (fig. 33) après enlèvement de la masse de caoutchouc. Au fond de la cavité, on distingue le bois veiné de brun.

(Photo FALIZE)

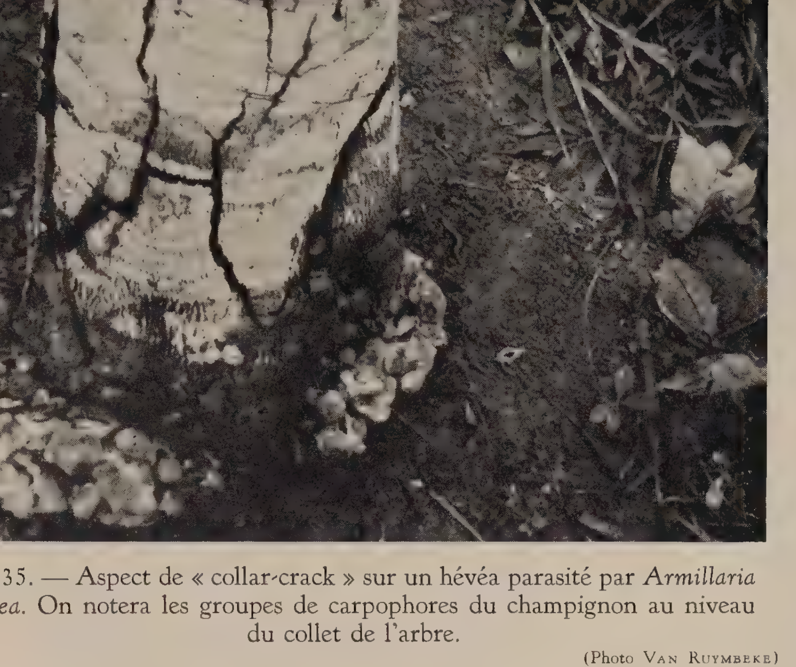


Fig. 35. — Aspect de « collar-crack » sur un hévéa parasité par *Armillaria mellea*. On notera les groupes de carpophores du champignon au niveau du collet de l'arbre.

(Photo Van Ruymbeke)



Fig. 36. — Tronc d'hévéa parasité par *Armillaria mellea*. On notera la présence de fendillements dans l'écorce.

(Photo Falize)

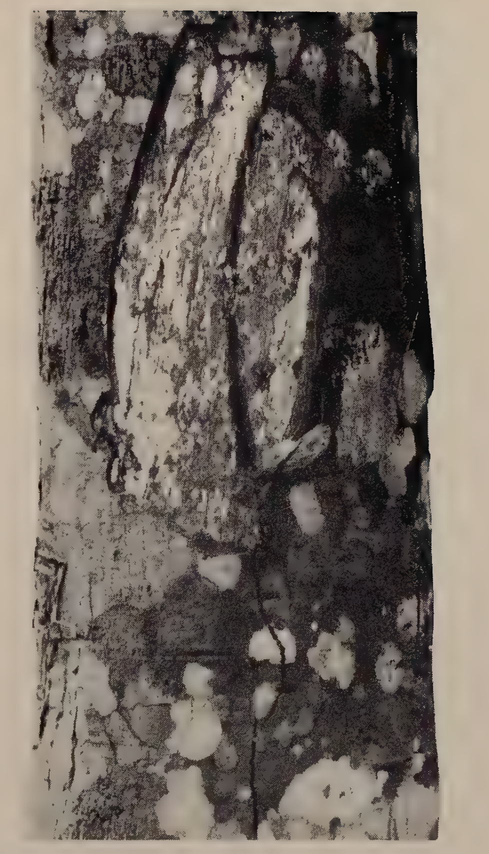


Fig. 37. — Décortication partielle d'un tronc d'hévéa envahi par *Armillaria* (fig. 36). On notera les fentes affectant le cylindre ligneux, et le mycélium du champignon qui tapisse le bois. (Photo Falize)

Fig. 38. — Décortication complète du même tronc (fig. 36 et 37) montrant la présence de mycélium d'*Armillaria mellea* jusqu'aux branches de l'hévéa, à 2 m 75 au-dessus du niveau du sol. (Photo Falize)



Fig. 39. — Présence de fendillements longitudinaux et d'écoulements de latex sur un tronc d'hévéa envahi par *Armillaria mellea*.

(Photo FALIZE)



Fig. 40. — Décortication partielle du même tronc (fig. 39) laissant apparaître le mycélium du champignon dans l'écorce et sur le bois.

(Photo FALIZE)



Fig. 41. — Tronc d'hévéa envahi par *Armillaria* jusqu'au niveau de l'encoche de saignée. Ecoulements de latex à partir de fendillements affectant l'écorce.
(Photo FALIZE)



Fig. 42. — Aspect du même tronc (fig. 41) décortiqué, montrant les lames mycéliennes à la partie inférieure et la limite des tissus sains à la partie supérieure.
(Photo FALIZE)



Fig. 43. — Mise à nu du cylindre ligneux du même hévéa (fig. 41 et 42). On distingue les zonations noirâtres, caractéristiques du bois parasité par *Armillaria mellea*.

(Photo FALIZE)



Fig. 44. — Attaque d'*Armillaria mellea* sur un jeune hévéa. On notera la formation d'un bourrelet de caoutchouc au collet et la présence de fendillements dans l'écorce de la tige.

(Photo PICHEL)



Fig. 45. — Fendillements dans l'écorce d'un hévéa atteint de B.B.B.

(Photo FALIZE)



Fig. 46. — Aspect caractéristique d'une atteinte de B.B.B. Les fendillements naissent sur l'encoche de saignée.

(Photo PICHEL)

par *Armillaria mellea*. En fait, ces symptômes sont semblables pour tous les cas d'infections radiculaires provoquées par les champignons parasites des genres *Fomes, Armillaria* et *Ganoderma*.

Ce qui varie, c'est la rapidité avec laquelle les manifestations caractéristiques du mal sont extériorisées par la plante.

A ce point de vue, on peut dire que c'est le pourridié *Armillaria mellea* qui fait apparaître le plus rapidement les symptômes les plus accentués. Bien entendu, il existe dans une plantation donnée tous les degrés d'infection possibles, chacun étant accompagné de réactions particulières, elles-mêmes variables suivant les individus, de sorte qu'il n'est pratiquement pas possible de déterminer quel est l'agent causal d'une affection radiculaire en fonction de symptômes extérieurs observés. Par contre, dans des parcelles expérimentales où des observations sont faites régulièrement, on peut constater que les réactions foliaires évoluent plus rapidement vers la dénudation de la cîme quand le pourridié est dû à *Armillaria mellea*.

Zeller [334] devait attirer l'attention sur des phénomènes de toxicité affectant certains arbres, notamment les pruniers attaqués par *Armillaria*. Il signalait qu'un arbre ayant une racine infectée jusqu'au voisinage du collet marquait une réaction dans la couronne, cette réaction étant localisée à une branche située immédiatement au-dessus de la racine infectée. Comme l'ablation d'une racine ne provoquait pas une telle réaction dans la cime de l'arbre, Zeller en déduisait que la mort d'une branche, dans le cas cité plus haut, était provoquée par la toxicité d'une substance émise par l'organisme parasite.

Chez l'hévéa, nous avons observé ces mêmes réactions sur des branches situées au-dessus de racines parasitées par *Armillaria*. Cependant, cet aspect n'est pas en relation absolue avec la présence de ce dernier parasite. Certaines attaques de *Fomes lignosus* peuvent parfois marquer la même réaction, localisée à une ou plusieurs branches situées au-dessus de la zone d'infection radiculaire.

Il faut donc en conclure qu'on ne peut voir dans ce faciès un symptôme caractéristique de la présence de tel ou tel autre parasite.

Ce qui est beaucoup plus typique d'une grave attaque par *Armillaria mellea*, c'est l'envahissement du tronc qui se réalise parfois à la suite d'une attaque radiculaire ayant atteint le collet de l'hévéa. A ce moment, le champignon continue sa progression vers le sommet du tronc; on se rappellera, pour expliquer ce fait, que l'armillaire est un champignon à progression mycélienne sous-corticale, de sorte qu'il peut poursuivre la colonisation de la tige sans être exposé à l'air ambiant.

Le premier stade de l'apparition du parasite au-dessus du niveau du sol se marque souvent par la formation d'une masse de caoutchouc au collet [1]. Cette masse peut être localisée en une zone généralement située au-dessus du point d'attache d'une racine déjà colonisée, ou au contraire se présente sous forme de bourrelet encerclant toute la base du tronc. Ce dernier aspect, qui correspond au cas le plus grave, est surtout fréquent chez des sujets relativement jeunes (3 à 5 ans) (fig. 44).

L'accumulation de caoutchouc se présente comme une masse noirâtre [2], irrégulière, laissant entrevoir à certains endroits des traces d'écoulement plus récent. Très souvent, si pas systématiquement, on distingue au-dessus de cette masse de caoutchouc, ou à proximité immédiate de celle-ci, quand elle n'entoure pas toute la base du tronc, des crevasses plus ou moins larges dans l'écorce, desquelles suinte parfois du latex (fig. 44).

Le bourrelet de caoutchouc n'est pas toujours présent en cas d'infection au collet. Celui-ci présente alors un faciès de « collar-crack » typique, soit des fendillements plus ou moins importants, avec ou sans écoulement de latex (fig. 35). Le plus souvent, il y a présence de latex écoulé et un aspect « boursouflé » de la base.

Le mal continue à progresser rapidement vers le haut jusqu'à détruire l'écorce sur plus de 1 m de hauteur. Le parasite, s'il n'est pas combattu, peut pratiquement envahir le tronc jusqu'au sommet (fig. 36 à 38).

La détection de la maladie sur le tronc est aisée. L'un des premiers symptômes caractéristiques est la présence, sur les panneaux de saignée, de crevasses longitudinales, courant plus ou moins parallèlement à l'axe de la tige (fig. 36). Des écoulements de latex forment des traînées noires sur l'écorce (fig. 39 et 41) ; parfois, la traînée est blanche, ce qui dénote un écoulement récent. Il n'est guère possible de confondre ces symptômes avec ceux du B.B.B. ou brunissement de l'écorce. Dans cette dernière affection en effet, les crevasses partent de l'encoche de saignée et se dirigent vers le bas (fig. 45 à 50).

Les écoulements de latex ne se produisent généralement qu'à un stade assez avancé de l'évolution du mal, le plus souvent quand apparaissent les

---

(1) Cette masse de caoutchouc, résultant de l'action parasitaire d'*Armillaria mellea*, ne présente guère de différence, extérieurement, avec celle provoquée par le chancre à *Pythium complectens* (fig. 31 à 34). Dans ce cas, la masse de caoutchouc est isolée sur le tronc ou sur le collet de l'arbre, tandis que, pour l'*Armillaria*, la masse de caoutchouc est à mettre en relation avec une infection venant du bas, cette infection se marquant par la nécrose de l'écorce. Le bourrelet du chancre à *Pythium* est une masse compacte de caoutchouc qui s'enlève d'une seule pièce (fig. 34), laissant apparaître le bois nécrosé mais sans les amalgames d'écorce et de caoutchouc qui caractérisent la surface du bois parasité par *Armillaria*.

Le chancre à *Pythium* peut encore se présenter comme un petit bourrelet apparaissant entre les lèvres d'une crevasse dans l'écorce. Autour de cette crevasse, l'écorce d'aspect normal présente localement une boursouflure parfois importante. L'excision de l'écorce et l'enlèvement de la masse de caoutchouc permettent de constater que le bourrelet extérieur n'est que l'excroissance d'un lump parfois volumineux qui s'est développé sous l'écorce ayant gardé un aspect tout à fait normal. Le lump enlevé, il reste sur le tronc une plage présentant des signes de nécrose; cette plage est souvent entourée d'un bourrelet de cicatrisation en voie de formation (fig. 32 et 34).

Précisons enfin qu'une masse de caoutchouc au collet d'un hévéa peut encore se produire grâce aux coulées tardives de latex chez certains arbres en saignée. On sait que, dans ce cas, l'enlèvement du caoutchouc peut laisser entrevoir une écorce noirâtre, d'un aspect malsain. Un simple grattage avec l'ongle suffit à faire apparaître la coloration verdâtre des premières assises parenchymateuses qui sont saines.

(2) On sait que tout écoulement de latex qui reste exposé à l'air noircit rapidement à la suite d'un processus d'oxydation.

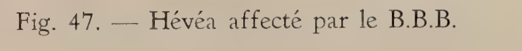


Fig. 47. — Hévéa affecté par le B.B.B.

(Photo Falize)



Fig. 48. — Sur le même hévéa (fig. 47) l'enlèvement d'une portion d'écorce nécrosée laisse apparaître une écorce régénérée qui produit du latex.

(Photo Falize)



Fig. 49. — Déformation du tronc d'un hévéa par des nodules ligneux, suite à une atteinte de B.B.B.

(Photo FALIZE)



Fig. 50. — Coupe tangentielle dans une écorce atteinte par le B.B.B., laissant entrevoir des tissus corticaux en voie de régénération (traces blanches).

(Photo FALIZE)

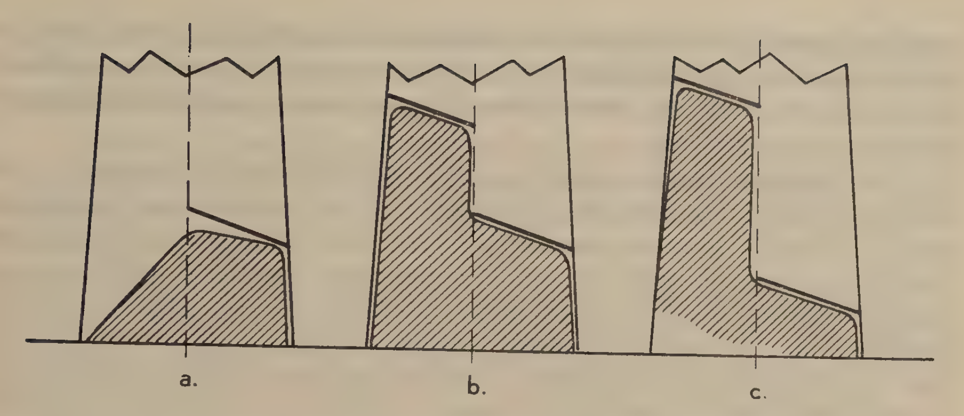


Fig. 51. — Schémas figurant trois exemples de l'obstacle que peut constituer l'encoche de saignée à la progression du mycélium d'*Armillaria mellea*.
(Les portions hachurées représentent les zones déjà colonisées par le parasite.)

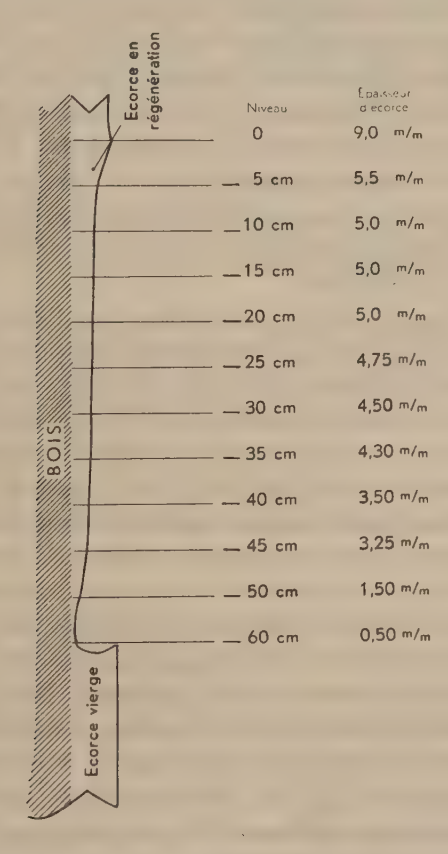


Fig. 52. — Schéma figurant l'épaisseur décroissante de l'écorce régénérée par rapport au niveau de la première encoche (niveau 0).
(Normes moyennes pour des greffes de Tj 16 âgées de 9 ans.)

nodules ligneux qui déforment les panneaux de saignée (fig. 49). Enfin, le B.B.B. laisse une écorce dure, sèche, granuleuse, sauf dans les cas extrêmes où les déformations qui font éclater l'écorce s'accompagnent d'infections bactériennes secondaires.

La confusion entre les deux maladies n'est plus possible pourvu qu'on examine l'écorce d'un peu près. Dans le cas d'une infection par *Armillaria mellea,* l'écorce a un aspect terne et elle prend une coloration uniformément noirâtre qui tranche nettement sur la teinte grise, quelque peu brillante de l'écorce normale. De plus, quand on la comprime du doigt, elle donne l'impression d'être de nature spongieuse. Enfin, elle rend au choc un son très mat, qui fait penser à la présence d'une masse semi-fluide dans le cortex. L'expérience aidant, un observateur averti reconnaît enfin au panneau affecté un aspect particulier que l'on peut difficilement caractériser, mais qui peut être qualifié de « gonflé » par rapport aux zones d'écorce saine.

Lorsqu'on pratique des coupures dans l'écorce, à l'aide d'un instrument tranchant, on la trouve humide, parfois en voie de pourriture complète. Des coupes successives vers les zones profondes font apparaître une coloration brunâtre; on remarque enfin que des filaments de caoutchouc voisinent avec des plaques mycéliennes blanches au sein de l'écorce (fig. 38, 40 et 42). Celle-ci exhale une odeur pénétrante de champignon, beaucoup plus caractéristique que celle du *Fomes lignosus.*

Les divers aspects de l'écorce colonisée par l'*Armillaria* seront décrits plus en détail quand nous parlerons de l'infection localisée typiquement sur le système radiculaire de l'hévéa.

Il nous reste à noter un fait particulier dans l'évolution de l'infection sur le tronc des arbres déjà mis en exploitation. La progression du mycélium dans l'écorce, et aussi entre bois et écorce, provoque rapidement une chute de la production et finalement un assèchement de l'encoche de saignée. Enfin, la progression du parasite se poursuivant, il arrive à coloniser toute la zone d'écorce sous le panneau de saignée jusqu'au niveau de l'encoche d'écoulement du latex. Là, il est généralement arrêté, parfois pour longtemps, et la démarcation entre zone parasitée et zone indemne est extrêmement nette (fig. 51).

Cette limitation du mal à l'encoche de saignée n'est pas simple à expliquer. Ce que l'on peut affirmer, c'est que le champignon, arrivé devant cette encoche, occupant pratiquement toute l'épaisseur de l'écorce normale (5 à 10 mm), ne trouve au delà de cette limite qu'une pellicule, parfois d'un millimètre ou moins, d'un tissu en voie de cicatrisation et probablement dépourvu de la plupart de ses réserves (fig. 52). Il est probable aussi que non seulement cette pellicule d'écorce mais également le bois sous-jacent sont appauvris en matières hydrocarbonées de réserve [1].

(1) Ceci résulte de certaines études qui tendent à prouver que le bois participe activement, par ses réserves amylacées, à l'élaboration du latex.

En relation avec les études réalisées par LEACH [135], le fait que nous présentons ci-dessus comme une simple hypothèse peut prendre une certaine valeur dans l'interprétation du phénomène observé.

Un autre argument qui peut jouer en faveur de cette hypothèse est le fait que le parasite déborde souvent de ce panneau, latéralement, poursuivant sa progression dans une écorce épaisse et non encore appauvrie par la saignée (fig. 51 b, c).

Il faut préciser, en terminant ce paragraphe, que les cas d'infection du tronc par *Armillaria mellea* ne sont heureusement pas de règle dans les plantations soumises à des contrôles sanitaires assez fréquents, avec dégagement des systèmes radiculaires et application de mesures curatives.

Dans des champs très infectés, et malgré les mesures de contrôle précitées, il arrive encore que ce type d'infection intervienne pour un certain pourcentage. Nous aurons l'occasion d'en donner la raison au chapitre traitant des méthodes de lutte, lorsque nous décrirons les difficultés que posent les mesures curatives dans certains cas d'attaques graves, par exemple quand le pivot de l'arbre est déjà colonisé ou que le collet est atteint.

b) *Le pourridié.*

1. - Signalement sur quelques hôtes connus.

Comme nous eûmes déjà l'occasion de le signaler, ce n'est qu'en Uganda et au Congo belge surtout que l'*Armillaria mellea* fut trouvé parasite de l'hévéa.

Comme il n'existe que très peu de détails sur les divers aspects de l'infection, nous avons pensé qu'il était utile de synthétiser d'abord quelques opinions étrangères sur les faciès d'attaques affectant quelques hôtes connus dans diverses régions du monde.

RANT en 1917 [211] décrivait le « *White root-fungus of Cinchona* » comme étant l'*Armillaria mellea*. Ce parasite attaquait *Cinchona ledgeriana* MOENS et *C. robusta* TRIMEN sur lesquels il formait entre écorce et bois des lames blanches de mycélium pouvant encercler la surface entière des petites racines en tuant le cambium. L'auteur n'avait pu trouver de fructifications. Par contre, il put obtenir des carpophores en culture et les déterminer comme appartenant à *Armillaria mellea*. Ce parasite fut ultérieurement baptisé « *Witte wortelschimmel* » dans la bibliographie néerlandaise traitant du quinquina. Ce même nom devait être donné par les praticiens au pourridié à *Armillaria* sévissant sur les agrumes [286-288].

BERNARD et PALM [41] en 1919 mentionnent et décrivent le champignon sur le théier à Java et à Sumatra, en sols forestiers fertiles. GADD l'avait précédemment signalé à Ceylan, sur de jeunes théiers en pépinière, puis sur les buissons adultes.

HANSFORD, en 1929, décrivait le parasite sur le théier en Uganda comme l'avait fait SMEE au Nyasaland en 1926. MAC DONALD enfin, au Kenya, signalait le champignon sur le caféier et diverses plantes ligneuses.

L'affection parasitaire sur *Coffea arabica* fut soigneusement décrite par DE FLUITER en 1939 [88]. La maladie, selon l'auteur, est reconnaissable aux fentes souvent nombreuses sur la tige, et courant sur la longueur de celle-ci, d'où son nom de «Maladie des crevasses» («Spleetkanker») (1). Ces attaques se situaient dans des champs de 1.300 à 1.600 m d'altitude. Le fait de refendre une tige par l'une des crevasses fait apparaître les parois, tapissées d'une épaisse couche blanche et feutrée de mycélium, qui dégage une odeur pénétrante de pourriture.

Les environs de la plage de mycélium sont de consistance gélatineuse. Les fentes peuvent intéresser toute l'épaisseur du tronc. Enfin, le mycélium ne se trouve pas seulement dans des fentes visibles sur la tige au-dessus du sol, mais aussi dans des crevasses affectant les grosses racines, et également entre le bois et l'écorce. L'auteur signalait enfin qu'on n'avait pu trouver de fructifications du parasite.

ZELLER [334], dans une étude sur l'infection des pruniers et des pommiers, écrivait en 1926 que les racines de pommier attaquées par *Armillaria mellea* présentaient des plages caractéristiques par leur couleur et leur odeur. Ces plages étaient limitées par une ligne foncée caractéristique, cependant que l'écorce interne était remplie de mycélium blanc bordé à l'extérieur par une croûte d'un brun foncé.

THOMAS en 1934 [277] signalait, entre autres caractéristiques de l'attaque d'*Armillaria* sur le genre *Prunus*, le brunissement du cylindre ligneux et la présence de cavités gommeuses notamment dans les couches de jeunes bois situées immédiatement sous le cambium; ces cavités gommeuses se retrouvaient aussi plus profondément dans le phloème et aussi loin que le champignon était actif. HARTIG se référait jadis à un phénomène semblable sur les racines de sapins lorsqu'il décrivait des accumulations anormales de résine dans la région cambiale.

CAMPBELL en 1934 [69] décrivait l'aspect des rhizomorphes d'*Armillaria* : de longs cordons noirs, arrondis ou aplatis en lacets de chaussure qui s'étendent à travers le sol pour étendre la distribution du parasite. Selon CAMPBELL, on les trouvait communément sous l'écorce des arbres tués par les parasites, et plus tard s'étalant dans le sol à partir de l'arbre mort.

L'auteur signalait encore au sein du bois parasité la présence de lignes noires toujours nettement visibles et relativement étroites. Ce fait fut déjà signalé par HARTIG en 1878.

---

(1) « Split root disease » à Java. Au Nyasaland et en Gold Coast, la maladie provoquée par *Armillaria* sur les cultures de plantes ligneuses fut appelée « *Collar crack* », cependant qu'au Tanganyika, on la désignait par « *Armillaria root rot* ».

Ces lignes noires, vues ainsi en section, sont en réalité des plaques formées d'hyphes agrégés. Des sections transversales dans les racines attaquées laissent voir ces plaques sous forme de cercles ou de lignes courbes. En fait, ces plaques composées d'hyphes constituent les limites périphériques de corps englobés dans le substrat ligneux. Ces corps se présentent communément, selon CAMPBELL, au point de pénétration du champignon, mais aussi plus loin dans les tiges envahies; dans ce cas, ils sont situés plus profondément dans les tissus. Ce sont des formations ovoïdes, allongées, avec leur grand axe généralement parallèle à l'axe de la tige, et parfois enfoncées si profondément dans les tissus qu'il ne reste qu'une toute petite partie de leur circonférence exposée sur la zone cambiale où elles forment un xylostroma de couleur noire.

Ces formations sont, d'après CAMPBELL, des pseudo-sclérotes (1).

En Gold Coast [84], le cacaoyer attaqué par l'armillaire présente des lames mycéliennes blanches entre le bois et l'écorce. Le feutrage blanc formé sous l'écorce s'insinue ensuite dans les rayons médullaires qu'il tapisse. La présence du champignon amène l'épaississement des rayons médullaires dont la pression accrue provoque des crevasses longitudinales dans le bois. Certaines de ces crevasses restent internes, tandis que d'autres, plus importantes, se montrent à l'extérieur sous forme de craquelures longitudinales sur le collet et qui s'étendent rapidement sur le tronc, d'où le nom de « collar-crack » qui fut donné à la maladie du cacaoyer. Les fissures sont plus longues et plus nombreuses sur le côté de l'arbre où l'infection a pris naissance. Des portions de xylostroma forment des protubérances au niveau des craquelures, ce qui rend ces dernières plus visibles. DADE signale que des fissures peuvent s'étendre jusqu'à plus de 3 m de hauteur sur les troncs, mais le plus souvent l'arbre est mort quand elles atteignent un niveau de 1 à 1 m 50 au-dessus du sol. En section transversale, on peut voir que les fissures sont radiales, plus épaisses du côté de la zone où le parasite est entré. Ces fissures sont bourrées de feuillets de xylostroma dont la couleur crème au début tourne

(1) CAMPBELL a proposé de dénommer « *pseudo-sclérotes* » ces formations semblables aux sclérotes, et qui sont enfouies dans la masse ligneuse des hôtes parasités.

Il n'y a pas de moëlle visible au sein de ces corps particuliers, mais seulement du tissu ligneux du substrat. La partie d'un tel corps, formée à la surface libre du substrat et appelée *xylostroma* noir, révèle à l'examen une affinité évidente de structure avec un vrai sclérote : formée d'une moëlle blanche d'hyphes fongiques, elle est entourée d'une écorce foncée constituée d'un agglomérat d'hyphes. Il n'y a pas de doute que ces corps jouent le même rôle qu'un vrai sclérote dont ils ne diffèrent que par leur nature pérenne et leur curieuse plasticité.

Ainsi, on sait maintenant qu'un pseudo-sclérote enfoui dans le bois a une extension libre sous l'écorce qui est le *xylostroma* noir (incluant *Rhizomorpha subcorticalis*). De ce *xylostroma*, naissent alors les *R. subterranea* par croissance apicale.

Ce nouvel aspect de la biologie du champignon, mis en évidence par CAMPBELL, lui a permis de suggérer une interprétation nouvelle du comportement du parasite dans son hôte. Il distingue deux phases dans l'activité du mycélium, l'une végétative et l'autre reproductrice. Dans sa phase végétative, le mycélium, après pénétration de l'hôte, entraîne la mort du cambium et la délignification des tissus de l'hôte par l'action des hyphes émis par les rhizomorphes. Cette phase initiale est suivie d'un stade au cours duquel le mycélium se modifie et acquiert un caractère reproducteur par la formation de pseudo-sclérotes. Ceux-ci sont organisés pour la reproduction, que ce soit par la production de carpophores, ou par l'émission de rhizomorphes capables de pénétrer directement un nouvel hôte et d'y implanter un mycélium végétatif.

Enfin, le même auteur insiste sur la confusion qui pourrait se produire entre, d'une part le feutrage blanc qui se développe sous l'écorce et auquel fut donné le nom de *xylostroma*, et d'autre part la zone foncée ou *xylostroma noir*, qui est la portion du pseudo-sclérote exposée sur la surface du bois.

Contrairement à l'opinion qui fut admise suivant laquelle le *xylostroma* blanc se change avec le temps en *xylostroma* noir, CAMPBELL estime que les deux phases mycéliennes sont tout à fait distinctes.

au brun foncé avec le temps, surtout en ce qui concerne les portions qui débordent les lèvres des craquelures ouvertes dans l'écorce.

Les dégâts provoqués par le parasite sont souvent suivis d'une pourriture humide qui réduit le pivot en une pulpe jaunâtre. Le renversement de l'arbre suit la destruction du support; il y a parfois, enfin, production assez rapide de fructifications. Les rhizomorphes font le plus souvent défaut sur le cacaoyer.

Sur les résineux, en zone tempérée [150], l'écorce craquelée et nécrosée se soulève aisément, laissant apparaître des lames mycéliennes feutrées, d'un blanc jaunâtre, phosphorescentes à l'obscurité et parfois entremêlées de cordons noirs.

Au Congo belge, STEYAERT [271] décrivit l'*Armillaria mellea* sur *Gossypium hirsutum* comme formant une gaine mycélienne blanche dans les assises cambiales et provoquant des fendillements longitudinaux dans l'écorce.

Ces quelques rappels, extraits de la bibliographie, mettent en évidence certaines caractéristiques qui semblent être communes à toutes les plantes attaquées par *Armillaria mellea*. Ce sont :

> formation de lames mycéliennes entre bois et écorce; décollement de l'écorce; fendillements plus ou moins accentués qui peuvent correspondre à des crevasses du cylindre ligneux des racines ou de la tige; feutrage mycélien tapissant les parois des crevasses et, enfin, formation de rhizomorphes noirs, plus ou moins aplatis, se développant sous l'écorce et puis se répandant dans le sol.

2. - Description sur l'hévéa au Congo belge.

STEYAERT, en 1948 [271], signalait pour l'hévéa les mêmes symptômes que ceux relevés sur *Gossypium*, soit la formation d'une gaine mycélienne blanche sous-corticale et la présence de fendillements longitudinaux dans l'écorce, ceux-ci s'accompagnant d'écoulements de latex qui se coagule autour des racines.

Le même auteur [272] émettait l'hypothèse suivant laquelle les bourrelets de caoutchouc autour des racines de l'hévéa résulteraient de blessures, mais postérieurement à l'infection; et il y voyait la raison pour laquelle ces bourrelets seraient plus fréquemment observés dans des champs d'hévéas traités régulièrement à l'occasion de rondes sanitaires. L'explication proposée par STEYAERT était la suivante : la progression du rhizomorphe, dès qu'il a pénétré dans la racine, se fait le long du cambium, détachant l'écorce du xylème. L'écorce ne meurt qu'à un stade assez avancé de la maladie. Entre-temps, l'écorce vient-elle à être blessée, un écoulement de latex se produit... et l'auteur concluait : « la présence de bourrelet est donc, à l'instar des carpophores, une preuve irréfutable de contamination, mais il faut le consi-



Fig. 53. — Décortication partielle d'une racine d'hévéa infectée par *Armillaria mellea*. On notera la teinte de l'épiderme et la présence de lames mycéliennes blanches dans la zone cambiale.

(Photo Falize)



Fig. 54. — Coupe tangentielle dans une écorce infectée par *Armillaria mellea*. On notera la teinte brun rougeâtre des tissus et les fragments mycéliens qui apparaissent comme des taches blanches.

(Photo Falize)



Fig. 55. — La décortication de cette racine parasitée par *Armillaria* fait apparaître une lame mycélienne blanche tapissant la zone cambiale. Noter la coloration du bois.

(Photo FALIZE)



Fig. 56. — Fentes courant longitudinalement sur une racine d'hévéa parasitée par *Armillaria mellea*.

(Photo FALIZE)



Fig. 57. — Racine d'hévéa parasitée par *Armillaria*.
On notera la présence de fentes ainsi que d'une lame mycélienne blanche sur les portions décortiquées.

(Photo Falize)



Fig. 58. — Racine parasitée par *Armillaria* et partiellement décortiquée. Notez la teinte grise de l'épiderme et les taches noires dans le tissu subéreux, qui voisinent avec des fragments de lames mycéliennes.

(Photo Falize)



Fig. 59. — Racine partiellement décortiquée, laissant apparaître des fragments de lames mycéliennes d'*Armillaria*. Les taches verdâtres sont constituées par des colonies de *Trichoderma* sp.

(Photo Falize)



Fig. 60. — Racine d'hévéa parasitée par *Armillaria*. A côté de fragments de lames mycéliennes continues, on voit apparaître des formations particulières constituées de rhizomorphes aplatis et anastomosés.
(Photo Falize)



Fig. 61. — Lames mycéliennes d'*Armillaria mellea* se développant à divers niveaux dans l'épaisseur du cortex. Noter la coloration du bois.
(Photo Falize)

dérer statistiquement comme un indice minimum, l'infection réelle étant plus grande. Sans blessures, le diagnostic est beaucoup plus difficile à poser, car il faudrait décortiquer les racines ».

Les symptômes rappelés par STEYAERT intéressent un seul faciès de la maladie que nous décrirons plus loin.

L'hypothèse avancée pour expliquer la formation du bourrelet de caoutchouc ne résiste pas à un examen approfondi des cas observés en plantation. Enfin, les multiples observations que nous avons réalisées depuis des années sont en contradiction avec les conclusions de l'auteur précité en ce qui concerne la diagnose de la maladie.

Disons d'abord que la maladie radiculaire provoquée par *Armillaria mellea* se présente sous deux aspects très différents : dans certains cas, l'action parasitaire du champignon amène la formation d'une masse de caoutchouc encerclant la racine infectée tandis que, dans d'autres, cette réaction ne se produit pas.

Nous pouvons encore préciser de suite qu'il existe pratiquement autant de cas appartenant à l'un ou l'autre faciès; en outre, il n'y a pas une proportion plus grande de cas présentant des réactions dans les champs traités périodiquement par des rondes sanitaires (1).

Ceci, joint au fait qu'on ne trouve pratiquement jamais de racines entourées de caoutchouc dans les cuvettes laissées ouvertes au pied des arbres, exclut *a priori* toute idée de blessure pouvant engendrer d'abondantes sécrétions de latex sur des racines déjà colonisées.

Nous aurons enfin l'occasion de signaler que l'écorce est rapidement tuée par l'action du parasite lui-même et de ses toxines. Ainsi, jusqu'à une certaine distance de la zone activement parasitée, on trouve l'écorce en voie de nécrose, incapable d'exsuder du latex en quantité notable, même par des blessures importantes volontairement provoquées. Nous verrons d'ailleurs que ces bourrelets de caoutchouc sur les racines sont toujours situés en avant de la zone d'infection active, là où on peut trouver de l'écorce si pas normale, du moins encore en état de produire du latex. Aucun spécialiste en hévéaculture n'ignore qu'une blessure, même importante, causée à une racine n'aboutit jamais à la formation de masses de caoutchouc de l'importance de celles que nous connaissons dans le cas d'une infection par *Armillaria mellea*.

Ces bourrelets de caoutchouc ont donc une cause interne et constituent à n'en pas douter une réaction typique à l'infection dans certaines circonstances qui, d'ailleurs, sont encore à déterminer.

---

(1) Un relevé récent effectué dans diverses plantations, nous a fourni les résultats suivants :
— attaques d'*Armillaria* avec présence de manchon de caoutchouc : 53,7 et 53,9 % des cas, respectivement en champs témoins et traités;
— attaques d'*Armillaria* sans sécrétion de latex : 46,3 et 46,1 % des cas, respectivement en champs témoins et traités.

— *Faciès d'attaque sans écoulement de latex.*

Bien que ce premier aspect possible de la pourriture soit parfois moins caractéristique que l'autre, il est toujours relativement aisé à détecter. Les cas douteux sont extrêmement rares et ils ne résistent en tout cas jamais à l'examen d'un observateur quelque peu familiarisé avec les divers aspects que peuvent prendre les symptômes d'une attaque radiculaire par *Armillaria mellea.*

Le cas le plus difficile à déterminer est celui où l'attaque est relativement récente et où des réactions typiques n'ont pas encore affecté l'écorce. Dans ce cas, qui nécessite pour le diagnostic un certain entraînement de la part des observateurs, c'est la coloration de l'épiderme de la racine qui décèle l'origine du mal. L'épiderme est localement gris, parfois légèrement bleuté (1) (fig. 53).

Par transparence, on entrevoit des zones plus foncées, noirâtres. Un grattage très superficiel, opéré délicatement, laisse apparaître immédiatement sous l'épiderme, qui est très mince et desséché, des taches noires qui correspondent aux premières assises subéreuses péridermiques, lesquelles sont nécrosées.

Si on approfondit l'examen, par des coupes minces successives réalisées avec une lame bien tranchante, on fait apparaître les zones parenchymateuses corticales qui sont de couleur brun foncé à brun rougeâtre; dans cette masse nécrosée, on entrevoit assez fréquemment, à l'occasion des coupes réalisées, des fragments de lames mycéliennes blanches (fig. 54). Arrivé à la limite de la zone corticale, on trouve alors généralement la zone cambiale tapissée par une plaque mycélienne blanche, continue, plus ou moins développée, se présentant souvent comme une membrane relativement épaisse encerclant tout le cylindre ligneux sur une longueur variable. Ce dernier aspect est l'un des plus typiques qui soient réalisés par le parasite (fig. 53 et 55).

Quelle que soit la façon dont on réalise des coupes dans une écorce suspecte, l'*Armillaria* est aisément décelé grâce aux caractéristiques suivantes : écorce de couleur brun à brun rougeâtre; présence dans la masse du cortex de fragments de plaques mycéliennes blanches, souvent entremêlés de filaments de latex coagulé; présence d'une membrane blanche sur l'assise cambiale et, enfin, une odeur pénétrante de champignon qui se dégage des tissus découpés. Cette odeur de champignon frais est évidemment perceptible pour autant que la racine n'ait pas évolué en pourriture excessivement humide, auquel cas l'odeur exhalée est franchement nauséabonde.

Ce premier faciès, que nous venons de décrire et qui présente quelques difficultés à se laisser détecter par l'examen externe, est heureusement le plus rare.

(1) L'image exacte que donne l'épiderme à ce moment est celle d'une pelure de pomme de terre cuite au four.

L'aspect le plus fréquent, qui ne nécessite plus aucun effort particulier de la part de l'observateur, est figuré par la présence sur les racines attaquées, de fendillements plus ou moins nombreux, dont le parcours quelque peu sinueux court parallèlement à l'axe de la racine. Ces manifestations externes du pourridié sont d'importance très variable : depuis de simples craquelures, à peine perceptibles, jusqu'à des fentes sur toute la longueur des racines (fig. 56 et 57).

Nous en avons trouvé atteignant plus d'un mètre de longueur sur des racines en voie de colonisation complète.

Ces fentes, qui peuvent affecter toute l'épaisseur de l'écorce, se présentent comme des lignes noires, le plus souvent marquées par un petit bourrelet qui fait saillie sur la surface de l'écorce. Ce bourrelet, qui n'est pas nécessairement présent sur toute la longueur des fentes, est toujours au moins visible en quelques endroits. L'écorce, de teinte extérieure grise caractéristique, paraît généralement boursouflée; sous la pression des doigts, elle donne l'impression de céler un tissu spongieux.

Cette écorce, qui présente des fendillements plus ou moins accentués, est à un stade de colonisation plus avancé que le premier faciès décrit. L'examen attentif des divers tissus corticaux, depuis l'épiderme jusqu'au cambium, va nous faire retrouver les divers aspects déjà signalés plus haut, mais plus accentués et plus typiques. Nous les répétons donc ici en les complétant par divers détails concernant l'évolution des lames mycéliennes dans le cortex.

Directement sous l'épiderme, on trouve le tissu subéreux péridermique de couleur brun à brun rouge, parfois marqué de plages noires; celles-ci, comme nous le signalons précédemment, peuvent donner par transparence une coloration locale gris foncé à l'épiderme (fig. 58 et 59).

Parfois, grâce à une manipulation très soigneuse, il est possible que l'enlèvement de l'épiderme laisse apparaître, nettement marquées sur le fond brun rouge du tissu sous-jacent, des formations rhizomorphiques blanches, se présentant sous divers aspects. Souvent, il s'agit de rhizomorphes sinueux, larges d'un millimètre environ, absolument plats, anastomosés pour former un réseau (fig. 60). Ces rhizomorphes sont eux-mêmes garnis latéralement de fins filaments mycéliens, très nombreux. L'aspect général de cette formation fait penser à un des arachnides communément appelé « mille-pattes ». Localement, ces rhizomorphes fusionnent pour former des sortes de lames, extrêmement fragiles, qui se décollent au moindre coup d'ongle; les rhizomorphes laissent cependant leur empreinte dans le substrat. Nous avons observé fréquemment que certains de ces rhizomorphes aboutissent aux bords noirâtres des crevasses ouvertes dans l'écorce.

Des coupes fines et progressives vers les zones profondes du cortex font apparaître des plaques mycéliennes blanches à tous les niveaux (fig. 61).

Au niveau du cambium, une lame blanche plus épaisse peut se développer jusqu'à encercler complètement le cylindre ligneux (fig. 55 et 57). Nous avons vu des racines tuées qui présentaient cette lame engaînante, entre bois et écorce, sur plus d'un mètre de longueur. C'est à ce niveau également que la lame mycélienne blanche est la plus épaisse (jusque 1 et 1,5 mm) et la plus résistante : on peut la décoller sur une certaine longueur en ayant l'impression d'enlever une membrane solide.

Cette membrane, soumise à la traction, offre une bonne résistance. Elle semble même douée d'une certaine élasticité, propriété qui lui est naturelle (1), accentuée chez l'hévéa par la présence de filaments de latex coagulé entremêlés d'hyphes agrégés constituant une membrane continue.

En envisageant toute l'épaisseur du cortex colonisé, on peut déduire des observations faites que ces agrégations d'hyphes formant des lames sont présentes dès le début dans les assises les plus externes du cortex, même sous l'épiderme; des dérivations de ces membranes initiales finissent par coloniser successivement toutes les assises sous-jacentes. Il faut encore noter ceci : à quelque niveau que se crée ou se propage une lame mycélienne, elle tend à former une gaine entourant la racine. Ainsi, il peut exister plusieurs manchons constitués par ces lames mycéliennes concentriquement disposées autour de la racine parasitée. Une coupe transversale dans le cortex permet d'ailleurs d'apercevoir des lignes blanches d'importance variable qui représentent des lames mycéliennes se propageant dans l'écorce; certaines sont continues dans une surface courbe déterminée, tandis que d'autres s'anastomosent notamment vers les assises inférieures.

Si on a l'attention plus rapidement attirée sur la membrane située entre le bois et l'écorce, c'est pour une raison anatomique bien simple. La propagation du mycélium vers les zones profondes du cortex provoque rapidement la mort des cellules cambiales; ainsi la destruction de cette zone crée une solution de continuité entre le bois et l'écorce. D'autre part, on sait que les cellules cambiales, de nature embryonnaire, ont des parois minces et sont relativement riches en eau. De ce fait, l'écorce de l'hévéa se détache aisément du bois dans la région cambiale. L'action mortelle du parasite sur le cambium ne fait donc qu'accentuer cette tendance naturelle. Ainsi, à l'occasion d'un examen rapide portant sur une racine qui présente des signes externes de nécrose, c'est généralement toute l'épaisseur de l'écorce qui saute sous l'action du couteau de l'observateur, ce qui fait apparaître la membrane blanche caractéristique (2). A ce stade de colonisation, les tissus corticaux sont brun rouge à brun grisâtre.

---

(1) Sur des racines de souches forestières, les membranes sous-corticales formées par *Armillaria* présentent également une certaine élasticité.

(2) La lame mycélienne elle-même, toujours plus épaisse au niveau de la zone cambiale, contribue à rendre plus précaire encore l'attachement du cortex au cylindre ligneux.

Les fentes qui se créent dans l'écorce, selon divers auteurs qui ont étudié ce faciès sur différentes plantes parasitées par *Armillaria,* seraient dues à une action mécanique induite par la progression des lames mycéliennes au sein des tissus corticaux.

Chez l'hévéa, on peut supposer, dans le cadre de cette hypothèse, que la propagation des lames mycéliennes, d'une part dans les diverses assises corticales externes, et d'autre part entre le bois et l'écorce, contribue à créer une tension interne qui finirait par provoquer l'éclatement de l'écorce.

De même, les multiples fendillements superficiels que l'on peut distinguer sur des racines attaquées, et ce, en avant des zones activement colonisées, pourraient être provoqués par la mort des cellules suivie de la désorganisation des parois cellulaires de certains tissus corticaux périphériques, sous l'action soit d'hyphes progressant en avant-garde des lames mycéliennes, soit de toxines émises par le mycélium, soit encore sous l'action des deux éléments combinés. A ce propos, on doit se rappeler que le parasitisme de *Fomes lignosus* ne provoque pas ces fissurations de l'écorce.

Les fentes observées dans l'écorce aboutissent généralement soit à une lame mycélienne, située à un niveau donné du cortex si la fente est peu profonde, soit à la membrane progressant entre le bois et l'écorce quand la fente intéresse toute l'épaisseur du cortex.

Précédemment, nous avons signalé que ces fentes présentent fréquemment, sur des longueurs variables, un bourrelet noir qui fait saillie sur la surface de l'écorce.

Ce bourrelet, de consistance relativement dure, est en fait une excroissance vers l'extérieur d'une lame mycélienne sous-jacente à la fente. Un examen attentif nous a montré diverses phases de cette poussée de la lame mycélienne vers l'extérieur par les voies ouvertes dans l'écorce du fait de l'éclatement des tissus. On trouve des bourrelets en voie de formation à divers niveau dans les fentes, certaines excroissances arrivant à combler toute l'échancrure faite dans l'écorce et les bourrelets étroitement accolés aux abords des fentes faisant saillie sur l'écorce. Ces parties du mycélium exposées à l'extérieur sont noirâtres; elles constituent, selon toute vraisemblance, des formations de nature sclérotiale (fig. 62).

Dans les cas d'attaque encore plus évolués, on peut constater que des fentes intéressent même le cylindre ligneux de la racine.

L'enlèvement du cortex et de la lame blanche engainante de mycélium laisse apparaître le bois. Dans les cas avancés de colonisation, cette lame mycélienne épaisse aide à déterminer la limite entre le bois et l'écorce, cette limite devenant difficilement déterminable par le seul aspect des tissus.

Le bois apparaît brun foncé (fig. 61), sous une sorte de pellicule d'aspect grisâtre et qui ressemble à la pruine de certains fruits. Sous cette « pruine », souvent parsemée d'un léger pointillé blanc (probablement les

points d'attache de la membrane mycélienne, ou des points de pénétration d'hyphes vers les couches plus profondes du bois), le bois est brun rougeâtre foncé, friable sous l'ongle et humide sans excès. A certains endroits, l'attache de la membrane au bois semble plus profonde car, après l'enlèvement de la membrane mycélienne, la surface du bois apparaît finement rainurée; les rainures sinueuses courant longitudinalement sur la racine (fig.63).

Dans le bois déjà colonisé, des coupes tangentielles successives vers les zones plus profondes font réapparaître les aspects déjà signalés ci-dessus pour l'écorce qui dénotent la présence de lames mycéliennes (fig. 64).

Il est visible que l'épaisse membrane mycélienne située entre le bois et l'écorce participe activement à cette infection du bois. Non seulement, on peut détecter des branches de dérivation qui vont explorer d'autres zones, tantôt plus profondes, tantôt plus superficielles, mais encore des expansions locales de la membrane qui pénètrent le bois radialement. A l'occasion du décollement de la membrane, il arrive qu'on trouve de ces expansions locales qui laissent dans le bois de petits cratères (fig. 63).

Au delà des zones de colonisation intense, où le bois est brun foncé, on trouve le bois brun plus clair puis couleur miel, parcouru de lignes plus foncées (fig. 63 et 64).

La propagation à l'intérieur du bois devenant suffisamment active, notamment en suivant les rayons médullaires, on voit apparaître des fentes radiales affectant le cylindre ligneux. Lorsqu'on fait éclater la racine suivant l'une de ces fentes, on trouve à l'intérieur du bois, qui a pris une coloration brun fauve clair, des plaques mycéliennes blanches, épaisses, d'aspect feutré, qui tapissent les parois des fentes et s'insinuent dans les rayons médullaires (fig. 65 et 66). Ces tissus internes, aussi bien que les premières zones externes du xylème et, tout comme le cortex, exhalent une odeur pénétrante de champignon frais.

A côté de ces plaques mycéliennes internes, on voit se créer des dépressions dans les parois où le bois est comme résorbé; il reste à sa place un amas de mycélium mélangé à une substance incolore de nature gélatineuse.

Enfin, dans le bois des racines tuées, on peut voir des formations typiques : sur le fond brun miel du bois, parcouru de lignes colorées en brun plus vif, se dessinent des plages au contour irrégulier, mais d'une forme générale ovale ou circulaire, délimitées par une ligne noire assez étroite mais extrêmement nette. Plusieurs de ces plages peuvent se trouver côte à côte ou confluer.

Ces formations correspondent aux pseudo-sclérotes décrits par CAMPBELL [69]. Ce seraient donc des corps de forme sphérique, englobés dans le bois et circonscrits par une plaque d'hyphes prenant une coloration noire. La masse centrale de ces formations est initialement constituée de bois à peine coloré; ultérieurement, le bois devient brun foncé, presque noirâtre. Finalement, les lignes noires qui circonscrivent ces pseudo-sclérotes semblent s'épaissir en masses noires granuleuses.



Fig. 62. — Bourrelets de nature sclérotiale surmontant les fentes apparues dans une racine parasitée par *Armillaria mellea.*

(Photo Falize)



Fig. 63. — Aspect du bois d'une racine envahie par *Armillaria,* après enlèvement de la membrane mycélienne tapissant la zone cambiale.

(Photo Falize)



Fig. 64. — Présence de lames mycéliennes d'*Armillaria* dans le bois d'une racine parasitée. On notera la coloration des tissus ligneux.

(Photo Falize)



Fig. 65. — Aspect des tissus internes d'une racine refendue suivant la direction d'une importante fissure qui affectait le cylindre ligneux. On notera la coloration du bois et les plaques feutrées de mycélium du parasite.

(Photo Falize)

Ces formations, que l'on trouve dans le bois à diverses profondeurs, existent également dans l'écorce. Certains pseudo-sclérotes semblent se former en partie dans le bois et en partie dans l'écorce. Nous ne les avons détectés sous leur aspect typique que dans des racines à un stade assez avancé de colonisation par *Armillaria* (fig. 67 et 68).

Il existe encore d'autres aspects possibles de la maladie sans formation de manchon de caoutchouc. Certaines racines, par exemple, présentent un aspect général extrêmement tourmenté. L'écorce est entièrement craquelée et noire, couverte de fortes aspérités (fig. 69). En faisant sauter certaines de ces aspérités, on découvre les symptômes précédemment décrits : les plaques mycéliennes développées en membranes dans une écorce brun rougeâtre, friable et à peine humide. Dans le bois des racines qui présentent cet aspect particulier, on trouve généralement une grande quantité de pseudo-sclérotes, de toutes dimensions, les uns isolés, d'autres se rejoignant pour former des réseaux complexes de lignes nettement noires (fig. 68).

Nous avons rarement trouvé les rhizomorphes noirs d'*Armillaria mellea*. Il semble bien que leur formation soit ou bien rare dans nos conditions, ou trop fugace pour se révéler fréquemment. Dans les quelques cas typiques que nous avons pu observer, ces rhizomorphes se développaient sur la surface de racines présentant des fentes dans lesquelles aboutissaient les lames mycéliennes. Ces rhizomorphes semblaient bien avoir comme point de départ les bourrelets noirs de nature sclérotiale surmontant les lèvres des fendillements.

Fréquemment encore, des branches de rhizomorphes, issues d'un cordon sclérotial surmontant une fente, rejoignent d'autres fentes aux bourrelets desquels elles se soudent intimement. Il arrive enfin qu'on trouve des rhizomorphes se propageant dans le sol autour des racines tuées.

— *Faciès d'attaque avec écoulement de latex.*

A l'occasion de l'agrandissement des cuvettes de dégagement au pied des arbres, lors des rondes sanitaires, il arrive que l'on mette à jour des masses de caoutchouc qui enveloppent des racines.

Ces masses de caoutchouc, d'importance variable, pouvant peser jusque 3 et 4 kg, forment le plus souvent un manchon continu autour des racines malades.

Ce manchon se présente comme une masse noire irrégulière, évidemment élastique, constituée de caoutchouc aggloméré en périphérie avec de la terre, de la pierraille et divers débris organiques (radicelles, branchettes, etc.) (fig. 70 à 77).

En poursuivant le dégagement d'un tel cas vers l'extérieur, on arrive à la limite de cette masse caoutchouteuse pour retrouver un aspect typique d'attaque, tel que nous venons de le décrire plus haut : écorce nécrosée, grise et sèche, avec des fendillement longitudinaux (fig. 70). L'examen détaillé,

depuis cette zone extérieure au manchon jusqu'au collet de l'hévéa, va nous montrer successivement les aspects suivants :

— *Zone extérieure au manchon de caoutchouc* : écorce grise, nécrosée, présentant souvent des fendillements d'importance variable, avec ou sans caoutchouc sur les plaies (fig. 70).

Intérieurement, l'écorce est brune à brun rouge avec présence à divers niveaux de plaques mycéliennes déjà décrites (fig. 79), y compris la membrane plus épaisse se développant au niveau de l'assise cambiale, entre le bois et l'écorce. Le bois, de brun foncé extérieurement à brun miel en profondeur, est modérément humide et dégage l'odeur caractéristique du champignon. Au sein du bois, se distinguent nettement, dès la surface, ces formations particulières circonscrites par des lignes noires, qui sont assimilables, pensons-nous, aux pseudo-sclérotes de CAMPBELL.

— *Le manchon de caoutchouc.* Si on refend ce dernier, on peut arracher la masse de caoutchouc dont la face interne, en contact avec l'écorce, conserve des filaments fermement attachés dans l'écorce et même dans le bois, ce qui rend l'enlèvement du manchon quelque peu laborieux.

Ce manchon étant ouvert et étalé, on peut constater que la face interne est extrêmement hétérogène d'aspect, de coloration généralement brunâtre, constituée d'un amalgame d'écorce pourrie, de caoutchouc et de mycélium (fig. 75 à 78).

Le caoutchouc et le mycélium sont figurés par de multiples taches blanches sur le fond brun. Il se dégage de cette masse une odeur nauséabonde, presque insupportable.

Au delà de cette zone de pourriture, la face interne du manchon évolue vers le blanc pur, présentant de moins en moins de fragments d'écorce adhérents au caoutchouc. Cet aspect correspond à une portion d'écorce située plus près du collet, et non encore en voie de pourriture complète. A cet endroit, le manchon s'est détaché sans enlever toute l'écorce, mais seulement quelques fragments.

— *L'écorce.* L'écorce se trouvant dans la zone externe, d'où vient l'attaque, présente le même aspect que la face interne du manchon de caoutchouc qui était adhérent à cette zone.

Si on gratte cette masse superficielle de tissus morts amalgamés avec du mycélium et du latex coagulé, on fait apparaître le bois qui est brun foncé, humide, parfois arrivé à un stade de décomposition assez avancé jusqu'en profondeur.

Il est possible de rencontrer dans cette zone en voie de pourriture complète (et notamment dans l'écorce nécrosée) une profusion de radicelles



Fig. 66. — Lames mycéliennes d'*Armillaria mellea* tapissant les parois d'une profonde crevasse affectant le cylindre ligneux d'une racine.
(Photo Falize)



Fig. 67. — Présence de pseudo-sclérotes dans le bois d'une racine parasitée par *Armillaria mellea.*
(Photo Pichel)

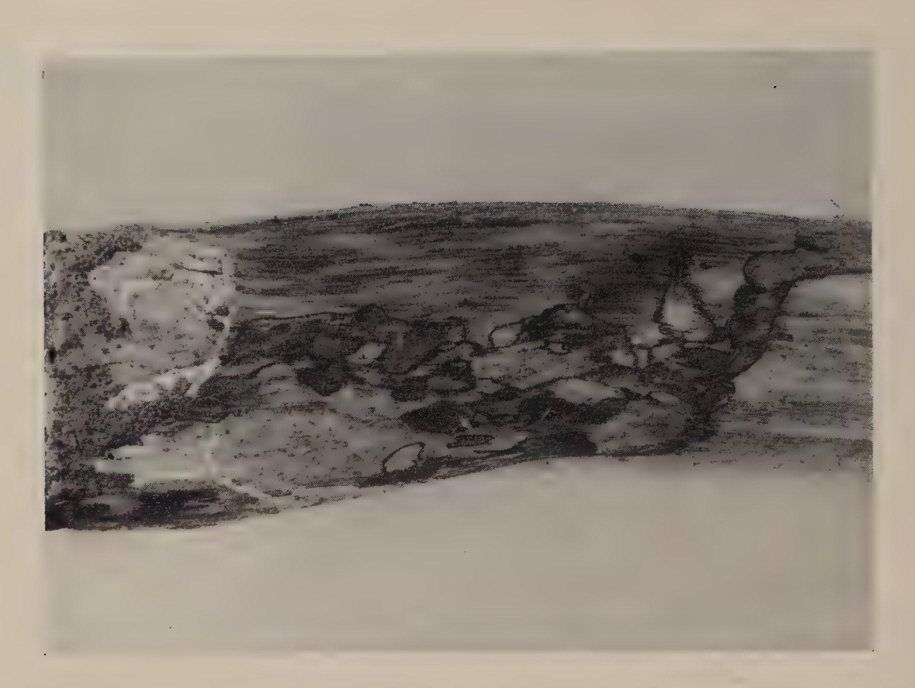


Fig. 68. — Aspect du bois d'une racine à un stade avancé de colonisation par *Armillaria mellea*. On notera la présence de nombreuses formations sclérotiales et de stries noires parcourant le bois.
(Photo FALIZE)



Fig. 69. — Racine d'hévéa attaquée par *Armillaria mellea*. Ecorce desséchée, entièrement craquelée. (Photo FALIZE)



Fig. 70. — Manchon de caoutchouc sur une racine d'hévéa parasitée par *Armillaria mellea*. On distingue à gauche la présence de fissures surmontées de bourrelets de nature sclérotiale. (Photo FALIZE)



Fig. 71. — Ouverture d'un manchon de caoutchouc entourant une racine parasitée par *Armillaria*. (Photo FALIZE)



Fig. 72. — Aspect typique de manchon sur une racine d'hévéa parasitée par *Armillaria mellea*.
(Photo PICHEL)



Fig. 73. — Pivot d'un hévéa attaqué par *Armillaria*. Formation de masses importantes de caoutchouc.
(Photo PICHEL)



Fig. 74. — Volumineux manchon de caoutchouc sur une racine parasitée par *Armillaria mellea*. Dans la zone partiellement décortiquée à gauche, on distingue des fragments de lames mycéliennes du champignon.

(Photo FALIZE)



Fig. 75. — Portion terminale d'une racine gravement atteinte par *Armillaria*. La coupe réalisée dans le bois permet d'observer des zonations noirâtres. Le manchon, découpé et étalé, présente des fragments d'écorce et de mycélium du parasite.

(Photo FALIZE)



Fig. 76. — Attaque du collet et du tronc d'un jeune hévéa par *Armillaria mellea*. L'enlèvement d'une partie du manchon de caoutchouc met à jour le mycélium du parasite, amalgamé avec du latex.

(Photo Pichel)



Fig. 77. — Pivot d'un jeune hévéa parasité par *Armillaria mellea*. L'enlèvement du caoutchouc laisse apparaître des fragments de lames mycéliennes du champignon.

(Photo Pichel)

d'hévéa qui se multiplient activement, semble-t-il, dans ces tissus mortifiés [1] (fig. 80).

Des coupes plus profondes dans le bois font retrouver des colorations plus claires (couleur miel) et des zonations foncées. On trouve également des pseudo-sclérotes typiques, tels ceux déjà signalés plus haut.

Des fentes plus ou moins larges et profondes peuvent encore affecter le cylindre ligneux. On trouve souvent dans ces fentes du latex coagulé qui s'est insinué assez profondément pour se mélanger aux plaques feutrées de mycélium qui tapissent les parois (fig. 78).

L'origine de ces manchons de caoutchouc n'est pas clairement explicable actuellement. En effet, ce faciès n'est pas classique pour toutes les racines attaquées par *Armillaria mellea*. Certaines racines ne présentent jamais ces sécrétions de caoutchouc, tandis qu'une certaine proportion donne cette réaction typique.

En ce qui concerne la cause même de cette formation, on peut avancer diverses explications qui trouvent leur origine dans les réactions internes du cortex parasité. D'une part, le parasite doit émettre des toxines qui diffusent dans les tissus, jusqu'à une certaine distance en avant de la pointe de l'attaque.

On peut supposer que cette émission de toxines est assez forte à un moment donné pour provoquer la désorganisation des parois des vaisseaux laticifères dans toute l'épaisseur de l'écorce. Le latex s'écoule donc vers l'extérieur et vers l'intérieur du cortex.

Les petites craquelures initiales dans la zone subéreuse péridermique et qui sont dues à l'action des hyphes en progression ou des toxines, ou des deux causes combinées, permettent l'écoulement du latex vers l'extérieur. Il est probable que les toxines émises par le parasite jouent un rôle prépondérant dans cette réaction car, là où l'écorce est déjà en voie de colonisation par des formations mycéliennes visibles, il est impossible d'obtenir un écoulement de latex, même en opérant des blessures importantes sur les racines. Par contre, en avant des zones colonisées, là où les toxines diffusent probablement, les fendillements qui se créent laissent suinter abondamment le latex. De même, du latex qui s'écoule vers les zones profondes du cortex, grâce à la désorganisation tissulaire, peut s'insinuer jusqu'aux fentes du cylindre ligneux et y pénétrer.

Il semble bien que les lames mycéliennes progressent très aisément et plus rapidement dans les rayons médullaires, de sorte que des fentes du cylindre ligneux peuvent se produire jusqu'à des points où l'écorce est encore en état de sécréter du latex, ce qui expliquerait la pénétration du latex dans les fentes du bois.

---

(1) On sait que les radicelles d'hévéa colonisent rapidement des masses organiques en décomposition : il n'est pas rare de trouver ces radicelles dans des souches pourries jusqu'à plus de 1 m au-dessus du sol. On a constaté en outre que les radicelles, qui colonisent ces masses organiques, hébergent une mycorhize endotrophe du genre *Rhizophagus* sp. (*Endogone* sp.). (Détermination due à M. Fassi, Mycologiste de la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC à Yangambi). On ignore encore le rôle exact joué par cette mycorhize dans la nutrition minérale de la plante.

Un autre problème, qui doit encore retenir l'attention, est l'accumulation importante de caoutchouc à partir des fendillements de l'écorce. A partir de blessures réalisées dans une écorce normale, il n'est pas possible d'obtenir des masses de caoutchouc aussi volumineuses que celles qu'on peut observer sur des racines malades. Il semble donc que la sécrétion de latex soit stimulée, au moins aux premiers stades, par l'action de toxines, pour expliquer des accumulations de plusieurs kilogrammes de caoutchouc sur des racines relativement peu volumineuses.

On peut penser aussi, et c'est notre avis, que ces sécrétions anormalement importantes sont le produit d'une réaction de défense de la plante contre l'infection. Quant à savoir pourquoi cette réaction joue dans certains cas, et pas dans d'autres, on peut penser qu'il existe selon les individus des degrés de susceptibilité ou de résistance très variables. De même, les conditions microstationnelles peuvent jouer sur la virulence du parasite.

Ces problèmes sont extrêmement complexes et ils constituent un champ d'action absolument neuf pour les spécialistes qui voudront s'attacher à les résoudre.

Nous ne pourrions en terminer avec les symptômes du mal sans préciser que la présence d'un manchon de caoutchouc marque toujours la limite visible de l'infection.

Il semble que cette sécrétion de latex, issue de multiples craquelures superficielles, évolue toujours en avant de l'infection active qu'elle tend à retarder.

Des observations que nous avons faites, il résulte en effet que la progression du parasite serait plus lente lorsque les racines accusent de telles réactions. On ne peut actuellement fournir une explication plausible de cette tendance. Peut-être, pourrait-on invoquer une raison semblable à celle que nous avons suggérée pour expliquer l'obstacle à la progression du mal que constituait l'encoche de saignée.

Nous avons émis ci-dessus une hypothèse suivant laquelle la sécrétion anormalement abondante de latex dans les zones non encore affectées visiblement par le parasite résulterait d'une stimulation de la production due à l'action des toxines du champignon. On pourrait supposer qu'une telle production locale, excessive, amène un épuisement rapide des réserves amylacées du cortex et du bois sous-jacent. De ce fait, la progression du parasite se ferait plus lente suite à l'appauvrissement des tissus colonisés.

c) *Le carpophore.*

Nous n'avons que très rarement trouvé des carpophores d'*Armillaria* dans les champs d'hévéas. En fait, nous en avons découvert à deux reprises : au pied d'un hévéa mort et une fois sur une souche de forêt en voie de décomposition. Nous avons pu, par contre, en examiner davantage dans des planta-

tions de palmiers *Elaeis,* à Yangambi, là où des cas d'attaques sur palmier furent d'ailleurs découverts ([1]).

On sait que ces carpophores sont signalés comme pouvant apparaître sur des souches ou des arbres morts ou mourants (fig. 35). Ces fructifications, de faible longévité, ont une teinte générale jaune miel. Le chapeau convexe, mamelonné au centre, s'aplatit graduellement. Ce chapeau, de coloration fauve ou jaune miel, plus pâle sur les bords que dans la partie centrale, est garni de petites mèches brunes (poils écailleux).

A la face inférieure du chapeau, les lamelles radiaires, d'abord blanches puis rosées, devenant brunâtres avec l'âge, se prolongent jusqu'à la partie supérieure du stipe où elles se marquent par de minces filets en relief.

Le stipe, d'abord plein puis creux, est jaunâtre, de consistance élastique, et portant un anneau blanc à la partie supérieure.

On sait qu'au stade jeune, les bords des lames sont attachés au stipe par un voile qui couvre les lames en dessous jusqu'à expansion du chapeau. A cette occasion, le voile en question se rompt pour exposer l'hyménium tapissant les lames radiaires, et il en reste un vestige visible sur le stipe : c'est la collerette ou anneau que nous venons de citer.

Le chapeau, ou pileus, peut avoir de 5 à 10 cm de diamètre, mais le plus souvent 5 à 6 cm, surtout, comme c'est souvent le cas, quand les carpophores apparaissent en groupes importants sur un même substrat. L'épaisseur moyenne du chapeau est de 5 à 8 mm au centre, s'amincissant vers les bords.

Les stipes des carpophores que nous avons pu examiner avaient 5 à 6 cm de longueur, cependant que leur diamètre était en moyenne de 4 à 6 mm. Selon WALLACE [320], le stipe peut atteindre 13 cm de longueur.

Comme on le sait, ces fructifications sont comestibles.

§3. - GANODERMA PSEUDOFERREUM (WAKEF.) VAN OVER. ET STEINM.

1. - *CLASSIFICATION - NOMENCLATURE.*

Le *Ganoderma pseudoferreum* appartient, comme le *Fomes lignosus,* à la famille des Polyporaceae, classe des Basidiomycètes. Ce parasite de l'hévéa détermine la « pourriture rouge des racines » ou « pourridié rouge ». Ce pourridié est appelé « Red root rot » ou « Red root disease » dans la littérature anglaise et «Roode wortelschimmel» ou «Roode wortelziekte» en néerlandais.

En Malaisie, il fut souvent dénommé « Wet root rot », ou pourriture humide des racines, en relation avec le type de pourriture occasionnée. Cette

(1) Les fructifications du parasite, qui apparaissent couramment dans les régions tempérées, sont relativement rares en Afrique orientale [320].

appellation, beaucoup trop générale, a été critiquée à juste titre par divers auteurs.

En effet, le *Ganoderma pseudoferreum* n'est pas seul susceptible de provoquer une pourriture humide des racines : le *Fomes lignosus,* dans certaines conditions de milieu ou à la suite de certaines circonstances, peut déterminer l'apparition d'une telle pourriture.

C'est en 1916 que le parasite fut signalé pour la première fois par BELGRAVE à Malacca [35]; il fut alors identifié sous le nom de *Poria hypolateritia* BERK. Deux ans plus tard, il était décrit par WAKEFIELD comme *Fomes pseudoferreus* [315], à partir d'un échantillon incomplet envoyé de Malaisie à Kew par BELGRAVE. Ce nom devait lui rester jusqu'en 1922. L'année suivante, VAN OVERHEEM et STEINMANN [304] trouvaient des fructifications mûres du champignon parasite à Java; les spécimens recueillis appartenaient au genre *Ganoderma.* Se basant sur la description faite par LLOYD de *Fomes ferreus* BERK., les auteurs rapportèrent leurs échantillons à cette dernière espèce, à laquelle ils donnèrent le nom de *Ganoderma ferreum* (BERK.) VAN OVER. et STEINM. [79].

En 1925, VAN OVERHEEM [307] annonçait que cette détermination n'était pas exacte, du fait d'une erreur constatée dans la description faite par LLOYD de *Fomes ferreus* BERK.

Ayant revu la description de WAKEFIELD pour le *Fomes pseudoferreus,* il redécrivait entièrement le parasite sous le nom de *Ganoderma pseudoferreum* (WAKEF.) VAN OVER. et STEINM. [261].

Les symptômes du « pourridié rouge » à Java et en Malaisie présentaient quelques différences, ce qui contribua à compliquer le problème de la détermination du parasite. Par exemple, les carpophores se développaient communément sur les hévéas infectés à Java, tandis qu'on les trouvait très rarement en Malaisie [79]. Enfin, la pourriture qui était surtout humide en Malaisie était fréquemment sèche à Java. Des examens réalisés ultérieurement sur des carpophores provenant de Java et de Malaisie ont confirmé l'identité des deux espèces.

A côté du *Ganoderma pseudoferreum,* il existe d'autres espèces également connues. VAN OVERHEEM signalait en 1925 [308] la présence à Sumatra de *Ganoderma lucidum* (LEYSSER) KARST. comme parasite facultatif de l'hévéa. Il signalait encore que les formes sessiles du carpophore de ce parasite, plus fréquemment rencontrées que les formes stipitées, avaient reçu différents noms : *Ganoderma sessile* MURR., *Polyporus fulvellus* BRES. et *Polyporus resinosus* SCHR.

STEINMANN la même année [261] attirait l'attention sur le fait que *Ganoderma applanatum* était, selon lui, un saprophyte développant des carpophores en abondance sur le bois mort, tandis que *Ganoderma pseudoferreum* était un parasite vrai; il donnait des éléments permettant de faire



Fig. 78. — Racine d'hévéa parasitée par *Armillaria* et refendue suivant le sens d'une crevasse affectant le cylindre ligneux. Noter l'aspect du bois et de la face interne du manchon qui a été étalé.

(Photo FALIZE)



Fig. 79. — Fragment d'une écorce parasitée par *Armillaria mellea*. Aspect caractéristique des fragments de lames mycéliennes de ce parasite.

(Photo FALIZE)



Fig. 80. — Racine d'hévéa parasitée par *Armillaria.* Les tissus, en voie de pourriture complète, sont colonisés par une profusion de radicelles d'hévéa.
(Photo Falize)



Fig. 81. — Infection du pivot et du tronc d'un hévéa adulte par *Armillaria mellea.* Les tissus envahis sont à un stade avancé de décomposition.
(Photo Falize)

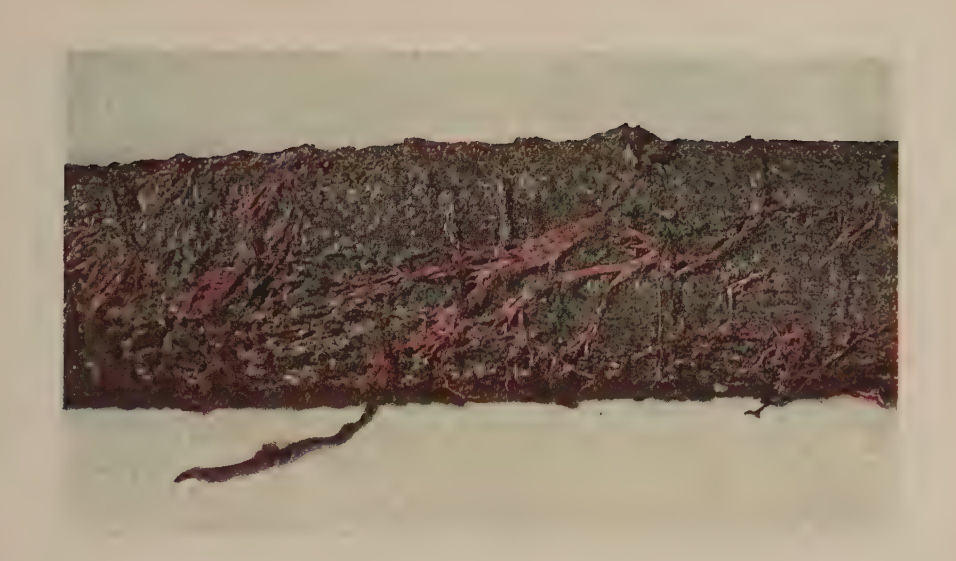


Fig. 82. — Racine d'hévéa envahie par des rhizomorphes de *Ganoderma*.

(Photo Falize)



Fig. 83. — Réseau de rhizomorphes de *Ganoderma* sur une racine d'hévéa.

(Photo Falize)



Fig. 84. — Racine d'hévéa parasitée par *Ganoderma*. Les rhizomorphes ont une coloration rouge vineux foncé à violacé.

(Photo Falize)



Fig. 85. — Racine d'hévéa envahie par des rhizomorphes de *Ganoderma*. On notera la présence dans le bois de zonations brunes à rougeâtres.

(Photo Falize)



Fig. 86. — Racine d'hévéa parasitée par *Ganoderma*. La partie inférieure, décortiquée, laisse apparaître la structure particulière du bois, qui devient fibreux et friable.

(Photo Falize)

la distinction entre les deux espèces. CORNER [79] voyait en *Ganoderma pseudoferreum* une variété de *G. applanatum*.

Signalons encore que WEIR [325], en 1926, faisait mention de l'existence en Amazonie d'un «Watery root rot» de l'hévéa, soit une pourriture humide provoquée par *Ganoderma amazonense*.

Nous dirons pour en terminer avec la nomenclature que les distinctions spécifiques au sein du genre *Ganoderma* reposent surtout sur les caractéristiques des spores, et principalement les dimensions moyennes. C'est dire que les déterminations spécifiques ne sont pas aisées, même pour des spécialistes. Pour l'usage courant, nous avons donc décidé d'adopter l'appellation de *Ganoderma* sp. pour désigner le pourridié rouge de l'hévéa reconnu à Yangambi.

2. - *DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE.*

Le *Ganoderma pseudoferreum* a été signalé surtout en Malaisie, à Java et à Sumatra comme faisant des dégâts importants aux plantations d'hévéas adultes. En fait, c'est un parasite commun de diverses régions tropicales et subtropicales.

A l'Ouest de Java [304] et en Malaisie [244], il constituait l'un des plus dangereux ennemis de l'hévéa avec le pourridié blanc (*Fomes lignosus*).

Par contre, il a toujours été considéré comme moins nuisible en Birmanie, à Java oriental et central, Bornéo et Ceylan.

Il est enfin répandu en Afrique du Sud et au centre du continent africain, notamment au Congo belge, où les trois espèces ont été signalées par STEYAERT.

3. - *PLANTES-HOTES.*

Le *Ganoderma pseudoferreum* est reconnu parasite de diverses cultures industrielles importantes : hévéa, théier, cacaoyer, cocotier, quinquina. Diverses plantes de couverture et quantité d'espèces sauvages ont été signalées comme susceptibles aux attaques du parasite. Citons : *Albizzia* sp., *Tephrosia, Crotalaria, Cassia siamea*, etc.

Nous aurons l'occasion de citer diverses essences forestières de la Cuvette lors de l'examen du problème de la propagation des champignons parasites à partir des souches.

4. - *DIAGNOSE.*

a) *Symptômes extérieurs.*

Les symptômes extérieurs déjà décrits pour les autres pourridiés sont encore valables ici.

Les auteurs se sont accordés pour déclarer que les réactions dans la couronne de l'hévéa, en cas d'attaque par *Ganoderma*, se manifestaient très

tardivement. Ils expliquaient cette caractéristique du mal par le fait que ce parasite, d'action très lente, provoquait une intense réaction du système radiculaire, lequel émettait des racines adventives en quantité massive. Ainsi l'opinion prévalait en Malaisie et en Indonésie que non seulement ce supplément de racines réussissait à masquer les réactions extérieures [1], mais encore que les arbres atteints marquaient un accroissement notable de production, du moins pendant un certain temps.

Enfin, on a signalé comme signe extérieur caractéristique du mal une localisation très nette de branches mortes dans la couronne des hévéas malades.

Dans les conditions de la Cuvette congolaise, le *Ganoderma* sp. intervient tellement peu dans les pertes dues aux pourridiés que nous n'avons guère d'observations spéciales à signaler en ce qui concerne les caractéristiques de la couronne des arbres attaqués. Disons cependant que la localisation dans la cime des branches mortes n'est pas un caractère exclusivement propre à une attaque par *Ganoderma,* ainsi que nous eûmes l'occasion de le préciser en décrivant les symptômes externes des pourridiés provoqués par *Fomes lignosus* et *Armillaria mellea.*

b) *Le pourridié.*

Le parasite se décèle par la présence sur la surface des racines malades d'un lacis de filaments plus ou moins épais, de coloration rouge (fig. 82). Cette coloration est d'intensité variable : de rouge clair au début, elle peut devenir blanc sale par dessiccation, mais redevient alors rouge par humidification intense. A un stade plus âgé, la couleur passe au rouge vineux plus ou moins foncé, laquelle coloration peut alors se maintenir malgré une éventuelle dessiccation (fig. 84). Enfin, sur des racines découvertes à un stade avancé de pourriture, la couleur du mycélium peut évoluer vers le violet foncé, tout en conservant de-ci de-là quelques traces de la coloration rouge initiale.

Les rhizomorphes peuvent s'anastomoser pour former un réseau de cordons durs et incrustés dans l'épiderme (fig. 82, 83 et 85).

Parfois, les filaments se réunissent pour former de véritables membranes rouges qui recouvrent des portions plus ou moins importantes des racines parasitées.

Bien que ces cordons rouges et ces membranes continues ne soient pas toujours très apparents lors du dégagement des racines, notamment dans des sols lourds et humides, on distingue presque toujours la coloration rougeâtre des membranes : ces dernières ont, en effet, une surface relativement lisse à laquelle les particules terreuses n'adhèrent pas.

L'écorce attaquée et les zones externes du cylindre ligneux prennent elles-mêmes une coloration rouge (fig. 85). La pourriture du bois est généra-

(1) Selon des avis autorisés de spécialistes d'Extrême-Orient, les réactions radiculaires étaient assez importantes pour suppléer avantageusement les racines détruites par le parasite.

lement humide. Le bois attaqué se transforme en une masse spongieuse, gorgée d'eau, à tel point qu'on peut l'en exprimer en comprimant les tissus avec la main. C'est la raison pour laquelle le pourridié provoqué par *Ganoderma* était appelé « Wet rot » en Malaisie.

Dans la masse du bois, on peut distinguer des lignes minces, nettement marquées, non réticulées, de coloration brune à brun rougeâtre.

Nous avons trouvé à Yangambi des pourritures moins humides, dans lesquelles le bois est décoloré tandis qu'il prend une texture particulière : des morceaux de bois même volumineux se désagrègent sous une simple pression des doigts en petits fragments extrêmement friables. Dans certains cas, on peut trouver des racines ou des pivots dont les tissus internes sont secs, et qui présentent cette friabilité. Il est probable qu'il s'agit déjà d'un autre stade, suivant la phase de pourriture humide, laquelle n'aurait pas amené la décomposition totale des tissus envahis par le parasite (fig. 86).

Fréquemment, l'attaque radiculaire s'accompagne d'une vive réaction des racines, lesquelles donnent naissance à une profusion de racines adventives. Ce faciès n'est cependant pas typique d'une infection par *Ganoderma*. Le *Fomes* et l'*Armillaria* fournissent également de beaux exemples de réactions radiculaires. Il faut pourtant admettre que les réactions sont régulièrement plus fréquentes et plus intenses dans les cas de pourridié à *Ganoderma* sp.

c) *Le carpophore.*

Les fructifications sont trouvées sur des souches ou des débris ligneux, très rarement sur des hévéas, sauf là où n'intervient aucun contrôle régulier (parcelles abandonnées) (1).

Si le *Ganoderma* semble n'être que rarement parasite de l'hévéa dans nos conditions, on trouve fréquemment ses carpophores dans les situations les plus diverses. Il semble bien que leur développement soit très lent; nous avons pu constater l'apparition de carpophores sur des débris ligneux plus d'un an et demi après l'abattage de vieux hévéas, et encore ces fructifications n'atteignirent-elles leur taille normale et leur aspect définitif qu'après 3 à 4 mois de développement.

Les carpophores, souvent traversés par des brindilles ou des herbes, sont très variables de forme et de couleur. On rencontre des types sessiles, substipités et parfois même assez longuement pédonculés (fig. 88, 89, 92 et 93).

Aux premiers stades de développement, le carpophore du *Ganoderma* se présente sous forme d'un coussin épais, plus ou moins sphérique, d'un blanc neigeux, duveteux, de quelques centimètres de diamètre, n'atteignant qu'exceptionnellement un décimètre. Au moindre toucher, des taches jaunes se dessinent sur ce noyau d'un blanc pur (fig. 87 et 95).

(1) Nous avons cependant trouvé des jeunes carpophores de *Ganoderma* en abondance sur des hévéas empoisonnés à l'arsénite de soude depuis plus d'un an.

La partie basale du coussin se colore bientôt en brun et finalement en brun noir, au cours du développement.

La croissance du carpophore se développe en forme de console, peu ou pas élargie à la base (fig. 90 et 91); un pédoncule peut parfois se former, généralement court mais distinct. Dans certains cas, ce pédoncule peut s'allonger anormalement (fig. 89).

Généralement, la majorité des carpophores sont cependant sessiles (fig. 88, 90, 92 et 95).

Les carpophores de *Ganoderma* sont très variables en dimensions : le diamètre peut atteindre 40 et 50 cm. L'épaisseur du chapeau peut enfin varier de 0,5 cm à plusieurs centimètres.

Durant tout le développement de la console, jusqu'à son stade mûr, la face inférieure du chapeau reste blanche; on voit s'y développer les pores sous forme d'un pointillé (fig. 90).

Le bord du carpophore, arrondi, est le plus souvent blanc également, parfois entamé par la coloration de la face supérieure (fig. 91). Celle-ci est faiblement laquée, de coloration générale rouge brun avec des zones d'un brun foncé parfois noirâtre. Ces zonations sont surtout visibles sur des carpophores mûrs (fig. 94 et 95); aux stades jeunes, la coloration paraît uniformément brune ou rougeâtre sous la laque superficielle qui donne un aspect brillant à la face supérieure. Parfois, le bourrelet périphérique est brun au lieu d'être blanc. Enfin, la face supérieure est brun clair et mate, ou du moins peu brillante, au lieu d'être laquée et zonée d'ombres brun foncé. Ce dernier type de carpophore, selon Sharples [244], correspondrait à un stade de développement auquel la croissance a été arrêtée, pour donner lieu à la phase de sporulation.

En coupe, le carpophore présente une coloration brun rouge foncé; le tissu est parcouru de zonations marquées par des lignes plus foncées (fig. 94). La masse tissulaire est ferme, élastique, non cassante comme dans le cas de *Fomes lignosus*.

La zone des tubes, en conditions sèches, est de même coloration que le tissu du chapeau; par contre, en conditions humides, la coloration est plus foncée, parfois noirâtre.

Signalons encore que certains carpophores peuvent être irrégulièrement tuberculés; certains noyaux blancs de néoformation peuvent ainsi apparaître sur des consoles normalement développées (fig. 95).

Dans la majorité des cas, les consoles formées sont simples; il arrive cependant de rencontrer, mais c'est assez rare, des fructifications composées.



Fig. 87. — Carpophore de *Ganoderma* à ses premiers stades de développement.

(Photo Falize)

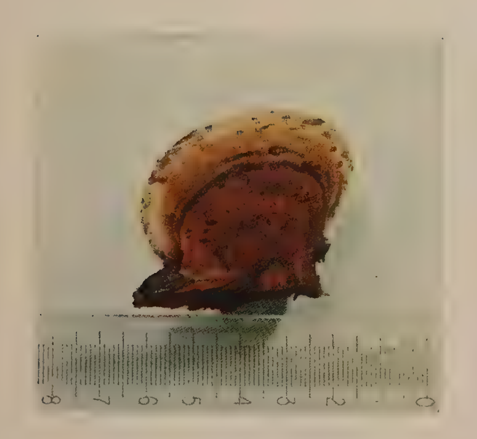


Fig. 88. — Petit carpophore de *Ganoderma* sp.

(Photo Falize)



Fig. 89. — Forme allongée d'un carpophore de *Ganoderma* sp.

(Photo Falize)

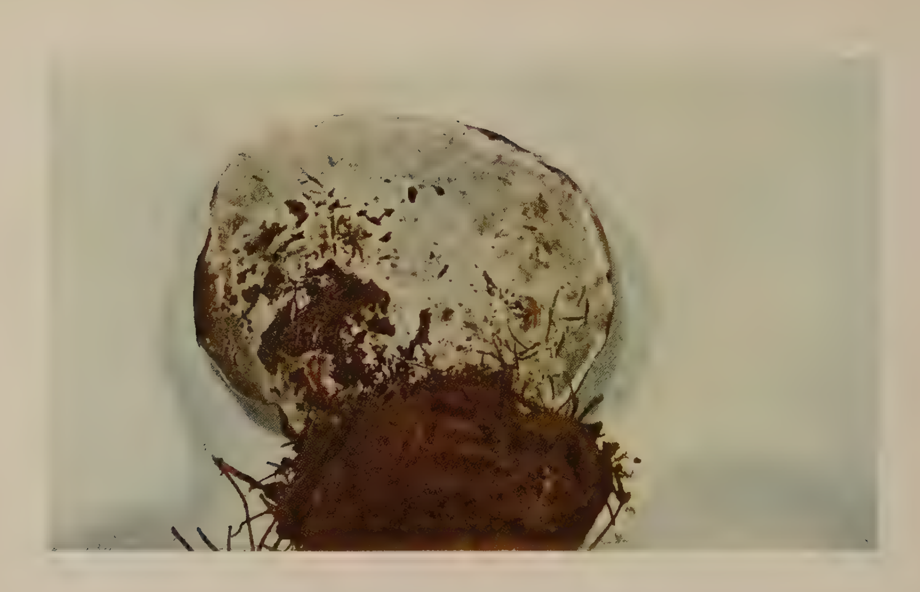


Fig. 90. — Face inférieure d'un carpophore adulte de *Ganoderma* sp.

(Photo FALIZE)

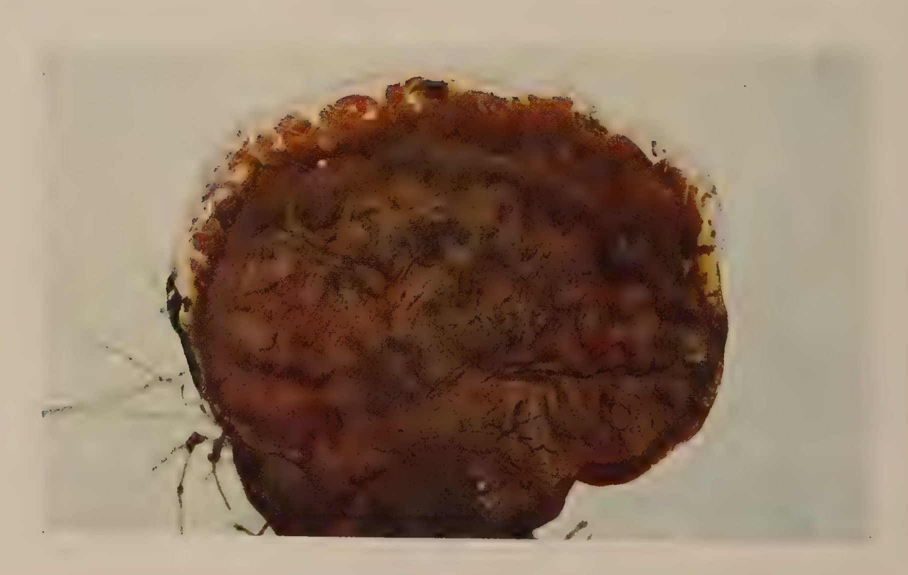


Fig. 91. — Face supérieure d'un carpophore âgé de *Ganoderma*.

(Photo FALIZE)



Fig. 92. — Carpophore typique de *Ganoderma* sp.

(Photo FALIZE)

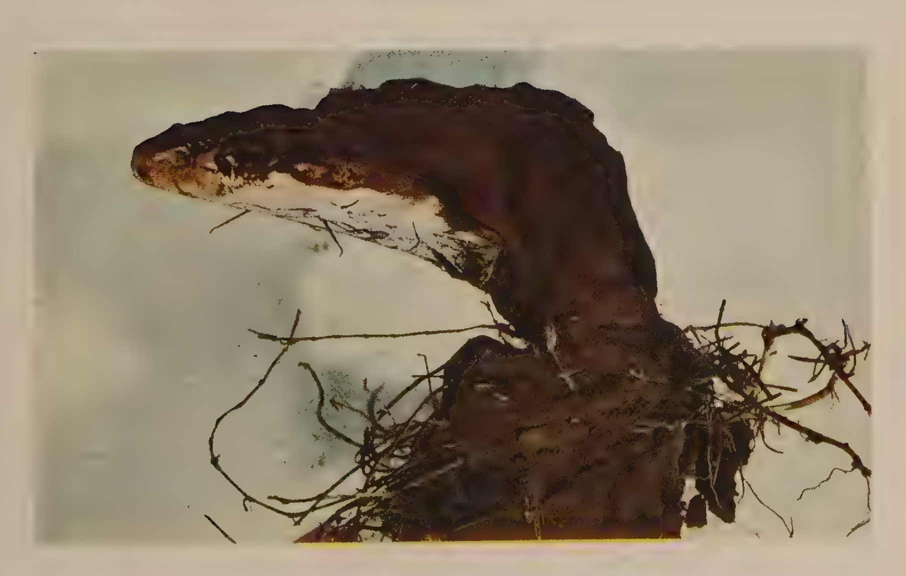


Fig. 93. — Forme substipitée d'un carpophore âgé de *Ganoderma* (vue de profil).

(Photo FALIZE)



Fig. 94. — Coupe dans un jeune carpophore de *Ganoderma,* laissant apparaître les zonations caractéristiques de la masse tissulaire.

(Photo FALIZE)



Fig. 95. — Carpophore de *Ganoderma* attaché à son substrat ligneux. On notera la présence d'une fructification en voie de formation (noyau blanc).

(Photo FALIZE)

§ 4. - FOMES NOXIUS CORNER

1. - *CLASSIFICATION - NOMENCLATURE.*

Le *Fomes noxius* CORNER est un champignon de la famille des Polyporaceae. Ce parasite détermine le « pourridié brun » des racines de l'hévéa. Il est connu aussi sous le nom de « Brown root disease » (en anglais) et « Bruine wortelziekte » (en néerlandais).

Cette « maladie brune » des racines est connue depuis plus longtemps que n'importe quelle autre affection radiculaire de l'hévéa. Les premiers spécimens du champignon, obtenus à partir d'arbres à pain à Samoa, furent examinés par BERKELEY en 1875 et identifiés comme *Hymenochaete noxia* BERK.

CUNNINGHAM, en 1887, le signalait comme parasite du théier aux Indes (1).

Le nom de « pourridié brun » devait lui être donné par ZIMMERMANN [335].

PETCH, en 1917, identifia ce champignon au *Fomes lamaoensis* MURR., nom qui lui resta jusqu'en 1932.

WEIR [325 et 327] écrivait en 1928 que l'*Hymenochaete noxia* BERK. était une forme résupinée et souvent stérile de *Fomes lamaoensis* MURR. Ce dernier ne fut pas trouvé par l'auteur au cours de sa prospection dans le bassin de l'Amazone.

En 1932, CORNER [80] devait prétendre que le pourridié brun n'avait rien de commun avec le *Fomes lamaensis* (*lamaoensis*) (2), lequel était un saprophyte banal; il lui donna le nom qui lui est resté jusqu'ici de *Fomes noxius* CORNER.

2. - *DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE.*

Le pourridié brun est l'une des maladies les plus largement distribuées sous les Tropiques.

Elle est connue à Ceylan, Java, Sumatra, dans la Péninsule malaise, aux Indes, en Nouvelle-Guinée, à Samoa, aux Philippines, en Indochine et en Afrique occidentale et orientale [205, 234 et 261].

3. - *PLANTES-HOTES.*

Selon SHARPLES [234], le *Fomes noxius* était parasite de plusieurs cultures tropicales importantes et de plusieurs espèces de forêt.

Il citait : *Hevea* (surtout à Ceylan), *Manihot, Coffea, Theobroma, Gossypium, Castilloa, Funtumia, Artocarpus, Erythrina* sp., *Grevillea robusta, Cinnamomum, Cassia, Albizzia stipulata* (3), etc.

(1) CUNNINGHAM, D. D., On a destructive blight in teaplants dependant on the invasion of the tissues of the roots by the mycelium of a fungus (1887).
(2) En fait, c'est *Fomes lamaensis* qui est la dénomination correcte, et non *F. lamaoensis*.
(3) *Albizzia stipulata* BOIV. : *A. chinensis* (OSBECK) MERRILL.

Steinmann [261], en 1925, ajoutait à la liste précédente le théier et *Leucaena glauca*. Le quinquina s'ajouta aussi à la liste des plantes susceptibles au parasite [205].

Sharples [244], en 1936, dans son manuel sur les maladies de l'hévéa, complétait encore l'énumération déjà faite ci-dessus par : *Erythroxylon coca, Brunfelsia americana, Hura crepitans, Eriodendron anfractuosum, Garcinia mangostana, Nephelium lappaceum, Annona muricata, Palaquium* sp., *Elaeis guineensis, Delonix regia*, etc.

4. - *DIAGNOSE.*

a) *Le pourridié.*

Les racines colonisées par le *Fomes noxius* montrent un faciès caractéristique, décrit par tous les auteurs d'Indonésie et de Malaisie. Les racines attaquées sont recouvertes d'une croûte brun noirâtre constituée de particules terreuses et de grains de sable agglutinés avec le mycélium au moyen de substances mucilagineuses sécrétées par ce dernier. Cette masse, fortement adhérente à la racine, est parcourue de filets mycéliens de couleur brune, solidaires de la masse terreuse. Ces filaments peuvent se grouper pour former des petits feuillets ou des nodules de nature sclérotiale; ces formations sont visibles extérieurement ou sont au contraire inclues dans la masse cimentée à la racine.

Au stade le plus jeune, le mycélium, qu'il soit externe ou inclus dans la croûte périphérique aux racines, est brun vif; à un stade plus âgé, il devient noirâtre. Il est cependant toujours reconnaissable sur les coupes réalisées dans la masse encroûtante qui enveloppe les racines.

En ce qui concerne l'agglutination de terre et de pierrailles par le mucilage que sécrètent les hyphes, il faut noter que plusieurs champignons sont doués de cette faculté. Ainsi, tout champignon ayant des hyphes de couleur brune, capables de sécréter du mucilage, peut reproduire des symptômes typiques de la maladie brune des racines.

Sharples [244] voyait dans ce fait l'explication de la longue liste des plantes-hôtes signalées pour ce parasite, et aussi les contradictions relevées par divers auteurs en ce qui concerne l'identité du pourridié [234].

Le bois des racines parasitées, tendre et friable, présente un réseau de fines lignes brunes ou noires constituées par des plaques mycéliennes du champignon.

Parfois, le bois qui reste dur est brun moucheté et traversé par de larges bandes brunes à noirâtres.

La pourriture engendrée reste le plus souvent sèche.

b) *Le carpophore.*

Les fructifications apparaissent sur des arbres morts depuis un certain temps. Les carpophores, minces (± 1 cm d'épaisseur) et durs, se développent

en forme de console brun rouge foncé, dont la face supérieure, glabre, est zonée concentriquement. La face inférieure est brun noirâtre, le plus souvent noire quand elle est humide.

Lorsqu'on fait une coupe transversale dans le carpophore, on trouve successivement : une couche externe dure et foncée, puis un tissu interne brun clair à orange brun qui montre habituellement une zonation concentrique (lignes transversales incurvées, parallèles au bord du carpophore), et enfin la couche des tubes de couleur brun foncé.

Il existe également des formes résupinées.

§ 5. - AUTRES PARASITES RADICULAIRES

Il existe évidemment de nombreux autres parasites radiculaires susceptibles d'intervenir à des degrés divers dans les pertes subies par une plantation d'hévéas.

Nous avons envisagé, dans les paragraphes précédents, les principaux parasites, responsables de la majorité des dégâts occasionnés dans divers milieux.

Les autres parasites n'interviennent que pour une très faible part, souvent négligeable; aussi ne ferons-nous qu'en citer quelques-uns à titre documentaire.

1. - *USTULINA ZONATA* (Lév.) Sacc.

Signalé au Congo belge, ce champignon, qui appartient à la famille des Xylariaceae (Ascomycètes), a surtout été enregistré comme parasite de l'hévéa adulte (15 à 20 ans d'âge) à Ceylan, Java, Fidji et Malaisie. Il fut connu longtemps à Ceylan comme provoquant un pourridié commun sur le théier.

Ce parasite détermine une pourriture sèche souvent visible au collet des vieux arbres attaqués; de là, l'attaque se poursuit en profondeur dans le tronc et en hauteur vers le sommet.

La bibliographie relate des cas exceptionnels où la pourriture, progressant dans le tronc, a pu atteindre le niveau des branches inférieures.

Le bois attaqué présente des lignes noires, nettement marquées, courant irrégulièrement dans les tissus en voie de désagrégation. Ces lignes noires forment souvent des cercles entourant des plaques de bois malades dont la coloration est foncée.

Les fructifications, parfois produites à la base des troncs avant la mort de l'arbre, se présentent comme des plaques encroûtantes, d'abord blanches puis gris verdâtre. Après ce stade, qui correspond à une phase de sporulation et durant lequel la plaque fructifère est tendre, la coloration s'assombrit jusqu'au noir tandis que la consistance devient ligneuse.

Les jeunes exemplaires typiques présentent en surface une zonation bien marquée qui a valu au champignon sa dénomination spécifique : *U. zonata*.

2. - *SPHAEROSTILBE REPENS* Berk. et Br.

Ce champignon est un Ascomycète, de la famille des Hypocreaceae.

Sans être considéré comme très dommageable, il a été reconnu depuis longtemps à Ceylan sur théier et hévéa. En Malaisie, il intervient surtout dans des conditions assez particulières, par exemple en sols bas et humides, parfois inondés.

Les racines attaquées présentent, entre le bois et l'écorce, des réseaux de cordons rhizomorphiques noirs et aplatis. Ces cordons rhizomorphiques, de 2 à 5 mm de large, peuvent fusionner en lames souvent marquées de pustules rosées qui sont les fructifications imparfaites du champignon.

Les rhizomorphes présentent souvent des formations en étoile très typiques. Enfin, le sol remué autour d'une racine suspecte émet une odeur fétide qui suffit à caractériser l'origine du mal.

Les fructifications sont de deux types. D'une part, on peut avoir la fructification parfaite caractéristique du genre *Sphaerostilbe*; ce sont des périthèces globuleux, d'un rouge foncé.

D'autre part, il existe une forme conidienne, typique, du genre *Stilbum* qui appartient aux champignons imparfaits. L'un d'eux, *Stilbum nanum* [244], est commun sur des tissus nécrosés de l'hévéa. La forme conidienne de ce *Stilbum* est la même pour le *Sphaerostilbe repens* : il s'agit de pédoncules rouges avec une tête rouge ou rose saumon.

Le stade *Stilbum* du *Sphaerostilbe repens* apparaît en premier lieu : on voit se former de petits pédoncules rouges de 2 à 8 mm de long et de 0,5 à 1 mm de diamètre, surmontés d'une tête rosée de 1 à 1,5 mm de diamètre. Ces corpuscules se forment en grand nombre.

La propagation du mal se ferait surtout par les sporées, et très rarement par contact radiculaire.

3. - *XYLARIA THWAITESII* Cooke.

Ce champignon semble avoir causé rarement des dégâts sur l'hévéa à Ceylan, où il a été signalé en premier lieu. En fait, son importance est nulle, du point de vue économique.

4. - *RHIZOCTONIA BATATICOLA* (Taub.) Butl.
[*Macrophomina phaseoli* (Maubl.) Ashby].

Le rôle de ce champignon, comme parasite des racines de l'hévéa, n'est pas encore clairement défini. Il semble bien en tout cas qu'il ne soit jamais parasite sur des arbres en bonne condition, mais bien sur des individus très affaiblis par d'autres affections notamment d'origine parasitaire.

5. - *POLYPORUS RUGULOSUS* (Lév.) Henn.

Ce champignon fut trouvé par Brooks dans les Straits, où il lui attribuait un rôle nuisible sur les hévéas déjà en exploitation [88].

On le signala dès 1938, dans les pépinières d'hévéas à Java et Sumatra, formant des fructifications aux collets des sujets attaqués, tandis que l'on pouvait distinguer sur les racines des cordons mycéliens épais. Les sujets ainsi porteurs de carpophores ne montraient aucun signe extérieur d'attaque; de même l'examen du système radiculaire montrait que ce dernier était indemne de toute lésion, malgré la présence des cordons rhizomorphiques.

A l'état frais, les fructifications du champignon, qui ont un aspect cireux, ont la face supérieure jaune clair zonée de brun. La face inférieure est jaune clair également. En coupe transversale, les tissus du carpophore de *Polyporus rugulosus* montrent une teinte uniformément pâle, ce qui le caractérise nettement de *Fomes lignosus* quand l'aspect extérieur ne suffit pas à lever les doutes quant à l'identité du champignon.

Selon De Fluiter et Boedyn, *Polyporus rugulosus* n'est donc pas identique au *Fomes lignosus* (ou *Rigidoporus microporus*) ainsi que le prétendait Van Overheem.

Il semble en tout cas que le *Polyporus rugulosus* ne soit pas un parasite vrai de l'hévéa.

6. - *ROSELLINIA* sp.

Van Overheem signalait en 1924 un cas de « pourriture noire » des racines de l'hévéa et du caféier, dû à *Rosellinia* sp.

Zimmermann, en 1910, avait déjà signalé ce pourridié sur le caféier sans pouvoir identifier l'agent causal. Le parasite forme sur la surface des racines des cordons noirs très minces, légèrement aplatis, souvent anastomosés pour former un réseau. L'espèce exacte ne fut pas identifiée en l'absence de fructifications.

Van Overheem émettait l'opinion que ce pouvait être *Rosellinia bunodes*.

Ce parasite a été signalé très rarement sur l'hévéa; on peut dire que son importance est nulle dans le problème des pourridiés de l'hévéa.

7. - *POURRIDIES D'ORIGINE NON PARASITAIRE.*

Il se peut que, dans certaines conditions très particulières, des cas de pourriture radiculaire interviennent sans qu'aucun des parasites connus ne puisse être mis en cause.

Il s'agit le plus souvent de plantations situées en terrains bas, périodiquement inondés ou marécageux, en bref, là où se maintient de l'eau stagnante.

La pourriture ici résulte de l'asphyxie radiculaire; la seule mesure préventive qui s'impose est le drainage des sols lourds où l'on sait que l'eau peut stagner durant certaines périodes.

§ 6. - IMPORTANCE RELATIVE DES DIVERS PARASITES

Nous dirons quelques mots, en terminant ce chapitre, sur l'importance relative des divers parasites radiculaires dans l'économie de nos plantations d'hévéas.

Dès le début, le *Fomes lignosus* fut considéré, à juste titre d'ailleurs, comme le principal ennemi de l'hévéa. Ceci correspondait bien à ce qui était déjà connu en Indonésie et en Malaisie au sujet des maladies radiculaires de l'hévéa. Le *Fomes lignosus* (syn. *Rigidoporus microporus*) était signalé dans toutes les zones d'hévéaculture comme le parasite le plus redoutable, notamment dans les jeunes plantations.

Avec le temps, on devait pourtant s'apercevoir que l'importance relative des parasites radiculaires était différente selon qu'on se plaçait en Indo-Malaisie ou au Congo belge.

En Extrême-Orient, on admettait la prédominance de *Fomes lignosus* dans les jeunes plantations (jusqu'à dix ans).

Ultérieurement, on enregistrait une nette régression des cas de *Fomes* qui faisaient place à des dégâts importants provoqués par le *Ganoderma pseudoferreum*.

En Malaisie, certaines plantations de 20 à 25 ans accusaient 50 % d'arbres atteints de pourridiés, dont la grande majorité était attribuable à l'action parasitaire de *Ganoderma pseudoferreum*.

Bien que ce dernier parasite fut reconnu présent dans des plantations plus jeunes (à partir de 5 à 6 ans), son incidence y était négligeable. Ainsi, l'Indo-Malaisie finit par mettre les deux parasites (*Fomes* et *Ganoderma*) sur un pied d'égalité quant à l'importance des dégâts provoqués et à la nécessité d'une lutte systématique.

Certes, la lutte contre le *Fomes lignosus* conservait une importance relativement plus grande, puisqu'elle visait à la protection des jeunes champs et que son action, non limitée au seul *Fomes*, servait également à dépister précocement les premiers cas d'attaque par *Ganoderma*.

Par contre, dans tous les cas où une lutte organisée n'avait pas été réalisée dans le jeune âge, l'économie des plantations adultes était rapidement compromise par l'action du *Ganoderma*, si des mesures de contrôle efficaces n'intervenaient pas en temps utile.

Dans certains cas, comme à Ceylan, le *Fomes noxius* prenait une grande importance dans l'incidence générale des maladies radiculaires.

Au Congo belge, on devait s'apercevoir que le « pourridié rouge » dû à *Ganoderma* sp. ne constituait pas le facteur limitant de l'économie des plantations adultes. En fait, d'une manière générale, ce pourridié n'intervient que d'une manière très peu sensible dans les dégâts occasionnés aux plantations d'hévéas. Même dans des parcelles témoins où n'interviennent aucuns soins curatifs, les cas de *Ganoderma* sont relativement rares.

Ainsi, on peut dire que le comportement des plantations adultes dans nos régions dépendra de l'incidence d'autres pourridiés dans le jeune âge et du soin avec lequel on aura procédé aux inspections sanitaires accompagnées de mesures curatives.

A ce propos, nous devons faire remarquer que le *Fomes lignosus* n'est pas le seul parasite en cause dans les dégâts que subissent les jeunes plantations. L'*Armillaria mellea* constitue une menace au moins aussi sérieuse que le *Fomes lignosus* pour les jeunes hévéas. Dans beaucoup de situations, il intervient avec autant d'intensité que le *Fomes,* et parfois même, il domine nettement dans la proportion des cas attribuables à l'un ou l'autre parasite.

C'est l'existence de cette situation qui nous a déjà incité à développer spécialement les paragraphes consacrés à *Fomes lignosus* et à *Armillaria mellea.*

Ces deux champignons sont en fait les deux plus dangereux ennemis de l'hévéa au Congo belge.

Désormais, dans les chapitres suivants, nous n'envisagerons que ces deux derniers, en partant du principe, expérimentalement établi, que les autres parasites sont d'une importance négligeable dans les taux d'attaques affectant les plantations d'hévéas.

DEUXIÈME PARTIE

OBSERVATIONS TOUCHANT LA BIOLOGIE DES PARASITES ET LE COMPORTEMENT DES HÉVÉAS

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

§ 1. - REMARQUES PRÉLIMINAIRES

Il y a près de cinquante ans que le problème des maladies radiculaires de l'hévéa s'est posé aux spécialistes.

Comme on le conçoit, les efforts devaient d'abord tendre vers une compréhension aussi exacte que possible de la biologie des agents pathogènes en cause.

Les connaissances acquises en cette matière devaient servir de base à la création de méthodes de lutte plus ou moins efficaces.

Dès le début, on devait se rendre compte que les champignons parasites, responsables de pourritures radiculaires, étaient étroitement liés à la présence de débris ligneux dans le sol, et que ceux-ci constituaient en fait les foyers d'infection à partir desquels les agents pathogènes étaient capables de migrer vers les plantes-hôtes situées dans le voisinage.

Cette première constatation sur l'origine du mal fut suivie de l'étude de la propagation des champignons parasites. On arriva à la conclusion qu'il existait une propagation par voie végétative par rhizomorphes, et une possibilité de propagation par voie générative, sous forme de spores.

Pendant longtemps, ces premières connaissances, jointes aux observations pratiques réalisées sur le terrain, servirent de base à toutes les hypothèses avancées sur le cycle vital des organismes parasites et le processus de leur apparition dans les plantations d'hévéas.

En dépit de l'importance économique prise par le problème des pourridiés, il fallut rester longtemps à ce stade d'empirisme relatif avant de voir apparaître les premières études sur des bases scientifiques.

Les essais systématiques d'inoculation devaient apporter une première série d'indications précieuses sur les processus d'infection et le rôle joué par les rhizomorphes en relation avec les masses ligneuses infectantes.

Des études sur les principaux facteurs édaphiques, notamment la structure, le pH, la température et l'humidité du sol, devaient eux aussi concourir par la suite à jeter quelque lumière sur le mode de propagation des champignons parasites, et leur degré de virulence en relation avec les facteurs du milieu.

Plus récemment, des études approfondies sur les phénomènes de résistance de l'hôte à l'infection ont ouvert la voie au domaine à peine exploré des relations hôte-parasite. Enfin, depuis ces vingt dernières années, la mise en évidence du rôle important joué par la microflore du sol dans le complexe « sol-hôte-parasite » a suscité de nombreuses recherches qui ont déjà abouti à la découverte d'antagonismes et même de phénomènes de parasitisme d'un organisme sur l'autre.

Malgré tous ces efforts, on a l'impression quelque peu décevante, en compulsant l'importante bibliographie intéressant ces sujets, que la solution du problème ne fait que s'estomper avec l'acquisition de nouvelles connaissances sur la biologie des parasites.

De fait, la plupart des solutions pratiques adoptées pour la lutte contre ces parasites, jusqu'à ces dernières années, relèvent encore des mêmes principes déjà préconisés il y a plus de vingt ans.

La seconde partie de notre travail résumera l'essentiel de ce qui est connu en matière de biologie des deux plus dangereux parasites de l'hévéa au Congo belge : *Fomes lignosus* et *Armillaria mellea*. Nous exposerons enfin les résultats de nos observations touchant d'une part certains aspects de la biologie de ces parasites sous nos conditions de milieu, et d'autre part le comportement des hévéas en relation avec l'incidence des pourridiés.

§ 2. - LES PARASITES RADICICOLES DANS LE COMPLEXE BIOLOGIQUE NATUREL

GARRETT [108], dans sa classification établie sur des bases écologiques, place les parasites des racines avec les mycorhizes [1] dans le groupe des « *Root infecting fungi* ». Un sous-groupe, celui des « *Root inhabiting fungi* », réunit les parasites spécialisés et les champignons endophytes. Les autres champignons radicicoles sont classés avec les champignons saprophytes obligés dans les « *Soil inhabiting fungi* ».

La classification proposée par GARRETT peut se résumer comme suit :

Champignons infectant les racines	Champignons endophytes (mycorhizes)		« *Root inhabiting fungi* ».
	Champignons parasites des racines	Parasites spécialisés	
		Parasites non spécialisés	« *Soil inhabiting fungi* ».
Saprophytes obligés du sol			

(1) Mycorhizes ou champignons endophytes, capables de vivre en association avec des racines.

Selon la conception de WAKSMAN [316], il existe dans un sol donné une microflore composée de saprophytes habituellement présents, qu'il appelait « soil inhabitants ». GARRETT considère ceux-ci comme des parasites primitifs, dépourvus de toute spécialisation et dotés d'une large aptitude à coloniser divers hôtes; leur parasitisme, qui n'est jamais nettement marqué, paraît être une circonstance occasionnelle dans leur vie normalement saprophytique au sein des autres constituants de la microflore du sol. Selon WAKSMAN, il existe encore à côté de ces saprophytes obligés ou parasites occasionnels, faisant partie intégrante d'un sol donné, des parasites plus spécialisés dont la présence est souvent liée à celle d'hôtes bien déterminés; WAKSMAN appelait ces organismes parasites « soil invaders », qu'il opposait aux « soil inhabitants » dépourvus de spécialisation parasitaire.

Ainsi, là où il y a absence totale et prolongée de leurs hôtes, les champignons parasites spécialisés sont condamnés à disparaître du fait qu'ils sont incapables de concurrencer les saprophytes ordinaires pour l'utilisation de matière organique non vivante.

Parmi tous les organismes du sol, seuls les parasites spécialisés ont en effet développé la faculté d'occuper et de coloniser des substrats vivants, en l'occurrence les racines de divers hôtes qui ne sont pas utilisables par les saprophytes. De cette évolution vers la spécialisation parasitaire, résulterait l'incapacité de ces organismes de concurrencer les saprophytes sur des substrats non vivants [108].

Les caractéristiques essentielles, qui permettent, selon GARRETT, de distinguer les parasites radiculaires spécialisés parmi les constituants de la microflore d'un sol, sont les suivantes :

— ils sont éliminés par les saprophytes dans les cultures sur agar ou en sol stérilisé;
— ils ne croissent pas en sol non stérilisé s'il y a absence de substrats nutritifs;
— ils envahissent typiquement des tissus radiculaires vivants. L'invasion de tissus morts est exceptionnelle et, dans ce cas, toujours très limitée;
— leur distribution dans le sol n'est pas uniforme, mais dépend de celle de l'hôte; c'est dire qu'elle est relativement locale.

Nous aurons l'occasion, ultérieurement, d'exposer les faits qui confirment dans l'ensemble l'application de ces caractéristiques pour les deux principaux ennemis de l'hévéa : *Fomes lignosus* et *Armillaria mellea.*

Les parasites spécialisés sont distribués dans le sol non seulement sous forme de racines vivantes infectées, mais également sous la forme de fragments de tissus morts, appartenant à des hôtes parasités, dans lesquels les champignons peuvent persister plus ou moins longtemps en saprophytes.

Dans certains cas, le mycélium du parasite se trouvant dans les tissus infectés d'un hôte mourant ou déjà mort peut rester confiné dans ce substrat du fait qu'il ne dispose pas de moyen de propagation dans le sol; il peut donc seulement survivre jusqu'à épuisement des réserves nutritives du substrat. Dans d'autres cas, les champignons parasites peuvent mobiliser rapidement les matières de réserve de leur substrat pour la production d'éléments de propagation dans le sol (rhizomorphes) et dans l'atmosphère (basidiospores). C'est notamment le cas de *Fomes lignosus, Ganoderma pseudoferreum* et *Armillaria mellea.*

Dans le cadre des études portant sur la biologie des parasites radicicoles notamment le mode de propagation dans le sol, il est un point extrêmement important qui a suscité bien des controverses; c'est le fait de savoir si des relais, constitués par des fragments de racines mortes, sont susceptibles d'héberger les rhizomorphes au cours de leur propagation et de participer à l'alimentation du champignon. Les connaissances actuelles en matière de biologie des champignons radicicoles permettent d'affirmer que si un parasite spécialisé n'arrive pas, à partir d'une masse d'inoculum, à infecter les racines vivantes d'un hôte déterminé, il sera *a fortiori* incapable de coloniser en saprophyte les tissus morts de ce même hôte. Cette incapacité du parasite découle de ce qui a été dit précédemment de son manque d'aptitude à concurrencer les saprophytes obligés. Ainsi, un parasite spécialisé ne peut vivre en saprophyte relatif sur un substrat mort qu'à la condition de l'avoir parasité et colonisé à un moment où ne pouvait pas jouer l'intense compétition avec les saprophytes, c'est-à-dire, lorsque l'hôte était encore en vie.

Ce principe est fondamental, car il donne une consécration à la théorie des « foyers d'infection préexistants » de NAPPER, théorie que nous développerons plus loin.

Les modes de propagation des parasites spécialisés sont représentés par les trois possibilités suivantes :

1) à travers le sol et sur les portions souterraines de l'hôte;
2) uniquement sur les parties souterraines de l'hôte;
3) dans le système vasculaire de l'hôte.

Le *Fomes lignosus* et l'*Armillaria mellea,* qui nous intéressent plus spécialement ici, peuvent se classer dans le premier groupe. Ces champignons envahissent également les tissus profonds des racines, mais l'extension externe du mal n'est pratiquement jamais inférieure à son extension interne; souvent même, elle est très en avance sur cette dernière, comme c'est le cas typique pour le *Fomes lignosus*. Des parasites de ce type sont donc très dangereux, car leur comportement réduit la possibilité d'intervention d'une compétition avec les saprophytes du sol; en effet, à tout moment, la grandeur du rapport entre le volume de tissus infectés dans la phase parasitaire, et celui potentiel-

lement ouvert à la colonisation saprophytique par le champignon parasite, est très élevé.

Nous pouvons maintenant résumer les faits discutés jusqu'ici, en formulant les quelques principes suivants :

1) les parasites radicicoles spécialisés ont développé une aptitude particulière à la colonisation de substrats non utilisables par les saprophytes du sol;

2) comme corollaire de ce qui précède, ces parasites sont incapables de concurrencer activement les saprophytes pour l'utilisation de matières organiques non vivantes.

   De ce fait, leur survivance est fonction de la présence de plantes-hôtes qu'ils sont capables de parasiter;

3) comme conséquence logique du 2°, les parasites spécialisés sont distribués dans le sol comme leurs hôtes, c'est-à-dire localement dans le cas de peuplements forestiers naturels (1);

4) du fait de leur spécialisation et, conséquemment, de leur infériorité vis-à-vis des saprophytes pour la colonisation de tissus morts, les parasites spécialisés n'ont pu survivre que par l'usage de deux moyens de propagation, l'un génératif, l'autre végétatif qui est le plus puissant, ainsi que nous le montrerons plus loin dans l'étude des moyens de propagation.

Ces diverses considérations expliquent pourquoi il existe en forêt primaire, donc dans un peuplement mélangé, un état d'équilibre biologique qui ne permet pas aux parasites radicicoles d'exercer des dégâts spectaculaires. Ils peuvent tout au plus, au hasard des compétitions qui jouent intensément, dominer localement en parasitant, avec des succès variables, certains hôtes susceptibles. En fait, leur action est freinée par le jeu des puissants antagonismes qui prennent naissance dans cette ambiance particulièrement favorable à l'éclosion de la vie, et où la vie elle-même se traduit par une lutte implacable pour la survivance.

C'est de ce milieu que nous partons le plus souvent pour créer des plantations d'hévéas. L'action brutale de l'abattage, parfois suivie d'incinération, va modifier brutalement l'état d'équilibre existant et favoriser l'éclosion, au sein des plantes susceptibles introduites, du parasitisme jusque-là tenu en échec. Nous aurons l'occasion de mettre en évidence, dans les pages qui vont suivre, les processus par lesquels va passer l'activité de ces parasites depuis le stade de parasitisme localisé en forêt primaire, jusqu'à l'infection parfois généralisée des plantations d'hévéas.

---

(1) Le cas d'une plantation constituée d'individus tous susceptibles, comme les hévéas, sera examiné ultérieurement.

CHAPITRE II

LES FOYERS D'INFECTION

§ 1. - LES FOYERS D'INFECTION EN FORÊT

Sur une forêt de plateau à Yangambi, on a procédé à l'étude d'une surface d'environ 4 ha, afin de déterminer la présence et l'importance des foyers d'infection.

Une première reconnaissance générale, qui a porté exclusivement sur les souches mortes, a donné les résultats suivants :

— nombre de souches mortes observées :	101 ou 100 %
— nombre de souches mortes indemnes de pourridiés :	34 ou 33,7 %
— nombre de souches mortes contaminées par *Fomes lignosus* :	16 ou 15,8 %
— nombre de souches mortes infectées par *Armillaria mellea* :	23 ou 22,8 %
— nombre de souches mortes infectées par *Fomes lignosus* :	25 ou 24,8 %
— nombre de souches mortes infectées par *Fomes* et *Armillaria* :	3 ou 3,0 %

Il ressort de ce relevé que 50,6 % des souches mortes sont infectées par les parasites et que 15,8 % des souches observées sont contaminées par *Fomes lignosus* (1).

Le nombre des souches sur la surface considérée (± 25 par ha) peut paraître, à juste titre, anormalement élevé. Il faut rappeler, à ce propos, que les forêts situées en bordure des plantations reçoivent fréquemment la visite des ouvriers indigènes qui viennent y réaliser des coupes de bois pour divers usages (2). Ces conditions se représentent pratiquement dans toutes les forêts situées aux abords des centres de culture, et on ne peut guère espérer trouver

(1) Nous admettons ici que la *contamination* d'un hôte par le parasite est réalisée dès qu'un organe de propagation de ce dernier arrive au contact de l'hôte. Ainsi, nous disons qu'un hôte est contaminé par le *Fomes* lorsque nous observons la présence de mycélium épiphytique sur les organes souterrains de la plante observée.

L'infection, stade postérieur à la *contamination*, est réalisée dès qu'il y a pénétration des tissus de l'hôte par le parasite.

(2) Coupe de bois de feu, de matériaux de construction, et même d'essences précieuses (ébènes notamment) pour la vente aux artisans.

des conditions plus naturelles si ce n'est dans les réserves floristiques où des travaux d'expérimentation sont d'ailleurs interdits.

Sur toute la surface de l'essai (150 m Est-Ouest × 280 m Nord-Sud), on a creusé des tranchées (40 × 70 cm) distantes de 14 m et courant dans le sens Est-Ouest, soit sur 150 m (fig. 96).

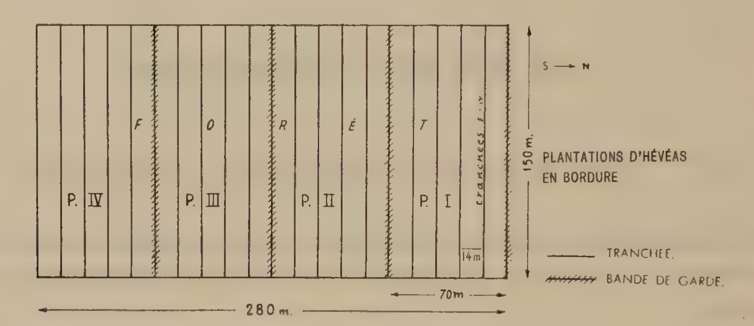


Fig. 96. — Schéma général de l'essai en forêt.

Toutes les racines recoupant ces tranchées ont été dégagées et retracées jusqu'à leur source afin de détecter la présence éventuelle de parasites radicicoles. Les foyers d'infection reconnus ont enfin été dégagés entièrement. Au moment de la rédaction de ce travail, nous avions terminé la mise en carte (1), à l'échelle, de tous les foyers d'infection de la première parcelle Nord de 150 × 70 m située en bordure des plantations d'hévéas.

Ainsi que nous l'avons signalé précédemment, les indigènes réalisent des coupes de bois dans les forêts qui entourent les plantations. Les coupes sont toujours plus importantes dans les premiers 200 mètres de forêt à partir de la route. Nous avons trouvé, en relation avec ce fait, un nombre décroissant de foyers d'infection au fur et à mesure qu'on s'éloignait de la lisière de la forêt.

Si on envisage successivement les quatre parcelles de 70 m de profondeur à partir de la lisière Nord (fig. 96), on trouve les nombres suivants de foyers d'infection :

P. I (0 à 70 m de profondeur) : 15 foyers.
P. II (70 à 140 m de profondeur) : 13 foyers.
P. III (140 à 210 m de profondeur) : 11 foyers.
P. IV (240 à 280 m de profondeur) : 3 foyers (dont un seul important).

Dans la parcelle IV, il n'y avait manifestement eu aucune coupe de bois. Pour l'ensemble des 17 tranchées examinées sur toute la profondeur de l'essai, le dégagement des systèmes radiculaires a permis de déceler 42 foyers d'infection et 66 arbres vivants atteints de pourridiés.

(1) Cette surface est en fait destinée à une expérience particulière portant sur les processus de contamination des hévéas par les pourridiés. Les tranchées ont d'ailleurs été disposées de telle sorte qu'elles ne recouperont pas les futures lignes de la plantation d'hévéas.

Parmi ceux-ci, 33 étaient porteurs de pourritures radiculaires (infection) affectant une ou plusieurs racines, cependant que les 33 autres présentaient des formations rhizomorphiques épiphytiques de *Fomes lignosus*.

L'examen de ces arbres a permis de cataloguer comme suit les cas reconnus :

— contamination par *Fomes lignosus* :	33 arbres, soit	50,0 %
— infection par *Armillaria mellea* :	13 arbres, soit	19,7 %
— infection par *Fomes lignosus* :	16 arbres, soit	24,2 %
— infection par *Fomes* et *Armillaria* :	4 arbres, soit	6,1 %
	66 arbres, soit	100,0 %

On notera à cette occasion la prédominance du *Fomes lignosus* au point de vue de la pathogénéité relative des deux organismes parasites reconnus. On a en effet enregistré 74,2 % des cas (infection et contamination) imputables au *Fomes*, contre 19,7 % attribuables à l'armillaire et 6,1 % aux deux parasites simultanément présents.

Cette observation permet déjà d'expliquer la nette prédominance du *Fomes* dans la responsabilité des dégâts observés dans les jeunes plantations d'hévéas succédant à un défrichement forestier.

Des observations beaucoup plus poussées ont alors porté sur la parcelle I de l'essai qui recèle justement le plus grand nombre de foyers d'infection.

Nous synthétiserons, de la manière suivante, les observations réalisées sur la parcelle I :

— Relevé botanique des espèces présentes sur la surface de l'essai. Plutôt que de fournir une longue énumération de toutes les espèces relevées par carré de 14 × 10 m sur le terrain, nous avons préféré fournir un tableau synthétique (tableau I) dans lequel les espèces sont groupées par ordre décroissant de présence.

Pour chaque espèce considérée, on trouvera la répartition des circonférences observées, réparties par classes de 25 et 50 cm respectivement de 0 à 1,50 m et de 1,50 à 4 m.

— Parmi les arbres vivants observés, il y en avait 23, soit 7 % du total, qui présentaient des attaques de pourridiés à des degrés divers. Parmi ces arbres, il y avait 5 *Maba* tous porteurs d'*Armillaria mellea*, soit 20 % des sujets de cette espèce présents sur la parcelle étudiée (tableau II). En général, on peut dire que les arbres malades étaient faiblement parasités.

Tableau I. – Répartition des espèces végétales présentes et classes de vigueur

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Nombre total	Répartition en classes de vigueur (circ. à 1 m de hauteur)									
			25-50 cm	50-75 cm	75-100 cm	100-125 cm	125-150 cm	150-200 cm	200-250 cm	250-300 cm	300-350 cm	350-400 cm
Itende	*Pancovia laurentii*	37	14	17	4	1	—	—	1	—	—	—
Ofili	*Scorodophlœus zenkeri*	30	2	2	6	1	9	7	3	—	—	—
Esose	*Brachystegia laurentii*	26	5	12	3	—	4	—	—	1	1	—
Liala	*Maba* sp.	25	3	8	10	3	1	—	—	—	—	—
Bombai-boilo	*Polyalthia suaveolens*	22	3	3	6	9	1	—	—	—	—	—
Elendalenda	*Cola griseiflora*	16	4	9	3	—	—	—	—	—	—	—
Likulu	*Microdesmis puberula*	14	3	11	—	—	—	—	—	—	—	—
Lisolo-li soku	*Pleiocarpa tubicina*	10	4	6	—	—	—	—	—	—	—	—
Lifondji	*Guarea laurentii*	9	4	2	1	—	1	—	—	—	1	—
Okale	*Panda oleosa*	9	4	2	1	—	—	1	1	—	—	—
Ebelakabelaka	*Strombosiopsis tetrandra*	9	—	4	—	2	2	—	1	—	—	—
Fika	*Garcinia punctata*	8	4	2	2	—	—	—	—	—	—	—
Wehu	*Cynometra hankei*	7	—	2	—	1	—	—	—	—	2	2
Ngwokole	*Dialium pentandrum*	7	3	4	—	—	—	—	—	—	—	—
Etekere	*Drypetes gossweileri*	7	2	2	—	—	—	2	1	—	—	—
Ikwangambongo	*Strombosia glaucescens*	7	2	2	1	1	1	—	—	—	—	—
Aila-la lowa	*Celtis brieyi*	5	1	4	—	—	—	—	—	—	—	—
Anguta	*Anonidium mannii*	5	—	1	—	—	1	2	1	—	—	—
Likwa	*Drypetes* sp.	5	—	3	1	1	—	—	—	—	—	—
Ifololo	*Milletia drastica*	5	1	3	1	—	—	—	—	—	—	—
Bokoko	*Trichilia prieureana*	5	—	2	2	—	1	—	—	—	—	—
Ondutu	*Chrysophyllum africanum*	4	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—
Okofe	*Staudtia gabonensis*	4	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ebangabanga	*Conopharyngia durissima*	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—
Olinda	*Chrysophyllum lacourtianum*	3	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1

Bombaibofufu	*Xylopia africana*	3	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—
Lofiongi-Lolombe	*Afrostyrax kamerunensis*	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Losomba	*Beilschmiedia corbisieri*	2	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—
Oloko	*Blighia wildemaniana*	2	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
Olanda	*Erythrophleum guineense*	2	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—
Lofiongi	*Hua gabonii*	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—
Lele	*Pterocarpus soyauxii*	2	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—
Otutu	*Sterculia bequaertii*	2	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—
Onga	*Synsepalum subcordatum*	2	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—
Ole	*Afrormosia elata*	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Ofele	*Angylocalyx pynaertii*	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Akoke	*Barteria fistulosa*	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Atoka	*Cola chlamydantha*	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Osoo	*Combretodendron africanum*	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Isali	*Dialium excelsum*	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Bohulu	*Gossweilerodendron balsamiferum*	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Lombe	*Guarea cedrata*	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
Obe	*Irvingia grandifolia*	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Boito à Likeke	*Macrobolium coeruleoides*	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Libundukulu	*Macrobolium* aff. *macrophyllum*	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Oleke	*Ongokea gore*	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Otchakula	*Pentaclethra macrophyllum*	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
Akwakwa	*Pterygopodium oxyphyllum* (1)	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Wenge	*Tridesmostemon claessensii*	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
Onongo	*Symphonia globulifera*	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
	Totaux :	317	66	119	44	21	25	14	15	4	6	3

(1) *Pterygopodium oxyphyllum* Harms = *Oxystigma oxyphyllum* (Harms) J. Léonard.

Pour 3 cas seulement, nous n'avons pu retrouver la source d'infection. Pour tous les autres, la maladie avait été communiquée par une souche infectée. A ce propos, nous devons signaler que la présence d'une souche infectée ne peut en rien faire préjuger de sa responsabilité dans l'infection d'un arbre vivant dans son voisinage immédiat. Nous avons trouvé des sujets infectés par des racines issues de souches situées à des distances appréciables des arbres parasités. Dans un cas extrême, une racine d'*Angylocalyx*, parasitée par *Armillaria*, infectait un hôte situé à près de 25 mètres de distance (la racine infectée n'avait pas moins de 35 m de longueur).

— Sur les 38 souches mortes que comportait la parcelle étudiée, 23 étaient infectées, soit 60 % du total. Il y avait notamment 6 souches de *Maba* sp. dont 4 infectées (*Armillaria mellea*).

Au tableau III on trouvera quelques données caractéristiques intéressant une douzaine de cas de souches infectées. Nous n'avons pas retenu les autres pour une description, du fait qu'il s'agissait de cas de contamination.

— On a pu observer que, d'une manière générale, le *Fomes* contamine aisément les arbres vivants. Les formations mycéliennes du parasite restent cependant épiphytiques dans la majorité des cas (on a noté un seul cas d'infection par *Fomes*, mais il était situé sur des racines également parasitées par *Armillaria*).

— Lors du dégagement des foyers, nous avons trouvé à maintes reprises la présence d'infections radiculaires sur des plantes du sous-bois. *Haumannia liebrechteana* semble particulièrement sensible à l'armillaire.

— Les observations réalisées à l'occasion du dégagement de tous les foyers d'infection nous ont permis de noter l'influence de la masse infectante sur l'importance des lésions provoquées aux sujets atteints par les parasites. L'infection par *Armillaria mellea*, notamment, ne s'est réalisée qu'au contact d'une masse d'inoculum assez importante. Par exemple, un foyer était constitué par une souche infectée (*Fomes* + *Armillaria*) de *Beilschmiedia corbisieri* (2,50 m de circonférence) dont les racines infectantes étaient extrêmement importantes; nous avons relevé des circonférences de 130, 75, 169, 60, 100, 160, 70 et 125 cm pour les 8 racines principales de cette souche. Toutes les racines des 5 hôtes voisins venues au contact de ces grosses racines furent infectées par *Armillaria mellea*. Le *Fomes* ne se manifesta que par quelques cas de contamination.

— Au contact de petites racines issues de la même souche infectée, des racines de trois hôtes ainsi que trois souches sont restées saines. Dans un seul cas, il y eut propagation de mycélium de *Fomes* sur une racine de *Panda oleosa*.

Tableau II. – Quelques caractéristiques des cas d'atteinte relevés sur des arbres vivants

Espèce	Circonférence (cm)	Parasite en cause	Remarques
Garcinia epunctata	92	*Armillaria*	1 racine pourrie jusque 1 m 50 de profondeur dans le sol.
Garcinia epunctata	60	*Fomes*	contamination d'une racine.
Cola griseiflora	70	*Armillaria* et *Fomes*	infection d'une racine par *Armillaria*. Contamination par *Fomes*. Le pivot, infecté, a réagi (cal).
Milletia laurentii	65	*Fomes*	contamination.
Synsepalum subcordatum	134	*Armillaria*	une racine infectée.
Synsepalum subcordatum	230	*Armillaria*	infection peu importante sur une racine.
Scorodophlœus zenkeri	215	*Armillaria*	2 racines infectées. Plage infectée de 2 m de haut sur le tronc.
Angylocalyx pynaertii	131	*Armillaria*	1 racine infectée.
Combretodendron africanum	220	*Armillaria*	1 racine infectée.
Panda oleosa	40	*Fomes*	contamination.
Trichilia prieureana	130	*Armillaria*	1 racine infectée.
Chrysophyllum africanum	350	*Armillaria*	1 racine infectée.
Cynometra hankei	390	*Fomes*	contamination.
Blighia wildemaniana	230	*Fomes*	contamination.
Strombosiopsis tetrandra	150	*Fomes*	contamination.
Brachystegia laurentii	57	*Fomes*	contamination.
Microdesmis puberula	47	*Fomes*	contamination.
Microdesmis puberula	52	*Fomes*	contamination.
Maba sp.	120	*Armillaria*	racines infectées.
Maba sp.	95	*Armillaria*	racines infectées.
Maba sp.	70	*Armillaria* et *Fomes*	infection par *Armillaria* et contamination par *Fomes*.
Maba sp.	52	*Armillaria*	racines infectées.
Maba sp.	57	*Armillaria* et *Fomes*	infection des racines par les deux parasites.

Tableau III. — Caractéristiques de quelques souches infectées

Espèce	Circonférence (cm)	Parasite en cause	Remarques
Polyalthia suaveolens	—	*Armillaria* et *Fomes*	souche pourrie.
Polyalthia suaveolens	60	*Armillaria* et *Fomes*	souche dont le pivot est pourri.
Polyalthia suaveolens	45	*Fomes*	racines infectées.
Maba sp.	—	*Armillaria*	souche complètement désagrégée.
Maba sp.	120	*Armillaria*	pivot pourri jusque 1 m de profondeur.
Maba sp.	65	*Armillaria*	racines pourries.
Maba sp.	80	*Armillaria*	racines pourries.
Dialium pentandrum	52	*Armillaria*	fortement infectée.
Cynometra hankei	370	*Armillaria* et *Fomes*	carpophores de *Fomes* (pas de mycélium visible).
Pancovia laurentii	30	*Armillaria*	carpophores d'*Armillaria mellea* (1).
Beilschmiedia corbisieri	250	*Armillaria* et *Fomes*	foyer d'infection très important.
Microdesmis puberula	40	*Armillaria* et *Fomes*	racines pourries par armillaire - contamination par *Fomes*.
Vitex congolensis	170	*Fomes*	racines pourries.

(1) Un des rares cas où nous ayons trouvé des carpophores de ce parasite. (Détermination confirmée par la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC à Yangambi).

On pourrait multiplier ces exemples en détaillant un à un les divers cas relevés dans les 15 foyers d'infection observés.

— Dans deux cas certains, des souches encore vivantes (*Microdesmis*), infectées par le *Fomes* et l'armillaire, ont contaminé des racines d'hôtes voisins. Des formations rhizomorphiques typiques de *Fomes lignosus* ont notammnet été découvertes sur les racines des hôtes contaminés. Nous avons déjà observé ce phénomène à maintes reprises lors d'inspections sanitaires réalisées dans des champs d'hévéas où subsistaient encore des souches vivantes, munies de rejets, et dont l'infection pouvait se transmettre à des hévéas dont les racines venaient à leur contact.

— Le tronc d'un *Scorodophloeus zenkeri* vivant (2,15 m de circonférence) fut trouvé envahi par l'armillaire qui formait une plage infectée de ± 40 cm de largeur sur 2 m de hauteur. La décomposition du bois dans cette zone nécrosée était plus avancée que sur les racines d'où provenait l'infection.

Ceci est à rattacher aux observations réalisées sur les hévéas envahis par *Armillaria mellea* jusqu'au niveau des branches maîtresses.

— Une observation particulière mérite d'être signalée, car elle vient confirmer des observations que nous fîmes occasionnellement, touchant le rôle joué par les spores émises par *Fomes lignosus* dans des processus d'infection.

Sur une souche de *Synsepalum subcordatum* de 2,40 m de circonférence, nous avons observé la présence de carpophores de *Fomes lignosus*, étagés entre 0,50 et 2,20 m de hauteur sur une largeur d'environ 70 cm. Le bois sous-jacent était pourri sur 40 cm de profondeur, et ce, depuis le niveau du sol jusqu'à 2,20 m de hauteur. Dans le bois pourri au sommet, on a trouvé du mycélium de *Fomes*.

A la partie inférieure, il y avait également du mycélium de *Fomes lignosus*. Par contre, le dégagement du système radiculaire, aussi bien sous cette zone que sur le reste de la circonférence de l'arbre infecté, devait montrer que toutes les racines étaient saines.

Il existe dans ce cas de fortes présomptions pour que la contamination se soit opérée au moyen de spores [1].

Nous avons enfin été frappés par le fait que, dans plusieurs cas, la progression du *Fomes lignosus* se réalisait de manière centrifuge, c'est-à-dire, du collet de la souche vers les extrémités des racines qui étaient encore saines.

De cette première étude préliminaire ressortent donc diverses constatations que nous pouvons résumer comme suit :

(1) Des observations dans ce sens ont également porté sur des troncs coupés, non enfouis, où apparaissaient des carpophores de *Fomes* et sur lesquels on ne pouvait retracer l'origine du pourridié jusqu'au sol. Des cas de souches infectées au sommet auraient enfin été observées par STEYAERT (Notes non publiées).

1) Les arbres, vivant dans une forêt mélangée, sont peu sensibles à l'action des pourridiés.

2) Une forte proportion des souches (± 50 %) sont infectées par l'un ou l'autre parasite, voire même par les deux simultanément.

3) L'infection d'un hôte se réalise pratiquement toujours par contact radiculaire avec du matériel ligneux infecté. On ne peut cependant rejeter la possibilité d'une infection de certaines souches par des spores de *Fomes*.

4) La masse et la surface des foyers d'infection jouent un rôle indéniable dans la contamination des plantes-hôtes. Il ne semble pas y avoir d'autre part de relations étroites entre l'état de décomposition du foyer d'infection et son pouvoir infectant.

5) Le *Fomes* semble plus apte que l'armillaire à coloniser des arbres vivants; il semble, par contre, peu virulent à l'égard de ces derniers (stade de propagation rhizomorphique pré-infectionnelle).

6) Le dégagement total des foyers d'infection fait apparaître dans toute son ampleur, d'une part les dangers d'établir une plantation d'arbres susceptibles aux pourridiés dans un milieu forestier et, d'autre part, l'impossibilité pratique d'éliminer complètement les sources d'infection (1).

En collaboration avec M. Fassi, Assistant de la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC, nous avons enfin recherché les foyers d'infection dans une parcelle de forêt dont les arbres avaient été annelés deux années environ avant l'inspection sanitaire (2).

Cette parcelle, d'environ 1,25 ha, fut examinée par la même méthode des tranchées, ouvertes tous les 14 m, sur toute la longueur de la parcelle.

On observa 115 souches annelées, mortes, et 49 souches annelées encore vivantes.

On n'a pu déceler dans cette parcelle que trois sources d'infection, d'ailleurs de faible importance :

— 1 souche morte avant annélation qui présentait du mycélium épiphytique de *Fomes* sur deux racines;
— une racine de liane infectée par *Fomes lignosus*;
— un petit arbre vivant (50 cm de circ.), non annelé, présentant des traces de mycélium de *Fomes*.

Pratiquement, on peut donc considérer cette parcelle comme étant saine.

---

(1) C'est notamment sous l'angle économique que cette impossibilité s'avère réelle.

(2) Nous devons cette étude à l'obligeance de nos collègues de la Division forestière qui nous ont autorisé à réaliser les travaux de dégagement nécessaires dans leurs parcelles expérimentales. Les observations réalisées entraient dans le cadre d'un programme de travail établi par une équipe de spécialistes attachés à l'étude du problème des pourridiés.

Les résultats de ces observations sont extrêmement encourageants. Ils laissent en effet augurer la possibilité de réduire beaucoup l'infection due aux pourridiés dans les jeunes champs d'hévéas en procédant à l'annélation des essences forestières un certain temps — qu'il faudra d'ailleurs déterminer — avant l'abattage de la forêt.

§ 2. - LA PERSISTANCE DES DÉBRIS LIGNEUX ET LEUR RÔLE DANS LA PROPAGATION DES POURRIDIÉS

Nous avons réalisé un essai particulier dans le but d'étudier la persistance des souches et, à l'échelle spécifique, leur rôle dans la propagation des pourridiés.

Sur une surface de 5 ha, délimitée dans une forêt de Yangambi (type de forêt de plateau), on a réalisé un relevé de toutes les essences forestières avant de procéder à l'abattage [1]. On réalisa une carte du bloc où tous les emplacements des souches furent reproduits dans un quadrillage représentant, à échelle réduite, les placeaux de 20 × 20 m tracés sur le terrain.

Lors de la plantation des hévéas en 1947 suivant un dispositif classique de 6,50 × 3 m, on établit des plans à l'échelle reproduisant les emplacements de plantation; ces plans, tenus à jour, lors des rondes sanitaires successives, étaient superposables sur le plan général situant l'emplacement des souches. On pouvait déterminer de cette façon l'influence possible de certaines souches sur la propagation de pourridiés parmi les hévéas environnants.

Les souches ont été périodiquement observées et caractérisées quant à leur état de conservation et à leur pouvoir infectant. L'état des souches était caractérisé dans nos relevés par les dénominations suivantes :
— souche pourrie : bois complètement désagrégé.
— souche morte : bois encore dur.
— souche vivante : souche munie de rejets feuillus.
— souche porteuse de carpophores : *Fomes* ou *Ganoderma* [2].

Les hévéas furent enfin examinés régulièrement quant à leur état de santé. Il est à noter que les arbres malades ou mourants ne furent pas soignés dans ce champ, considéré comme un bloc témoin.

Nous avons condensé, dans le tableau IV, l'essentiel des résultats qui ressortent de l'énorme travail d'observation réalisé pendant plus de cinq années [3]. Dans le tableau précité, nous envisagerons successivement :
— les espèces végétales observées (colonnes 1 et 2) : nous nous en tiendrons à 26 espèces qui sont représentées avec une fréquence notable (jusque 10 pour mille). En fait, les relevés ont révélé la présence de 87 espèces, représentées par des individus d'une circonférence ⩾ 30 cm.

---

(1) Ce relevé fut réalisé grâce à l'aimable participation de M. WAEGEMANS, Assistant de la Division forestière (Yangambi, 1947).
(2) On n'a pas trouvé de carpophores d'*Armillaria mellea*.
(3) De 1947 à 1952 — ce travail d'observation se poursuit d'ailleurs encore aujourd'hui.

Tableau IV. – Résultats des observations portant sur l'état des souches et leur pouvoir infectant (Défrichement réalisé en 1947)

Espèces		Nombre de souches observées	Etat des souches en 1952 (défrichement de 5 ans)					Souches reconnues comme foyers possibles d'infection					
Nom vernaculaire	Nom scientifique		S. pourries	S. mortes	S. vivantes	S. porteuses de carpophores	S. porteuses de carpophores de *Fomes*	En 11/1950 (3 ans)	En 3/1951 (3 ans, 4 mois)	En 7/1951 (3 ans, 8 mois)	En 11/1951 (4 ans)	En 3/1952 (4 ans, 4 mois)	En 7/1952 (4 ans, 8 mois)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Ofili	*Scorodophloeus zenkeri*	328	189 *57,7*	133 *40,6*	6 *1,8*	64 *19,5*	41 *12,5*	7 *2,1*	14 *4,3*	9 *2,7*	84 *25,6*	63 *19,2*	71 *21,8*
Bombai	*Polyalthia suaveolens*	107	94 *87,9*	12 *11,2*	1 —	24 *22,4*	21 *19,6*	5 *4,7*	10 *9,3*	4 *3,7*	14 *13,1*	13 *12,1*	15 *14,0*
Elendalenda	*Cola griseiflora*	104	52 *50,0*	39 *37,5*	13 *12,5*	11 *10,6*	11 *10,6*	4 *3,8*	7 *6,7*	1 *0,9*	19 *18,3*	14 *13,5*	18 *17,3*
Anguta	*Anonidium mannii*	80	66 *82,5*	12 *15,0*	2 *2,5*	6 *7,5*	6 *7,5*	3 *3,7*	2 *2,5*	3 *3,7*	23 *28,8*	17 *21,3*	14 *17,5*
Itende	*Pancovia laurentii*	51	38 *74,6*	12 *23,5*	1 *2,0*	2 *3,9*	2 *3,9*	2 *3,9*	1 *2,0*	3 *5,9*	15 *29,5*	8 *15,7*	6 *11,8*
Okale	*Panda oleosa*	28	16 *57,2*	8 *28,6*	4 *14,3*	2 *7,2*	2 *7,2*	0 —	1 *3,5*	1 *3,5*	3 *10,7*	2 *7,2*	2 *7,2*
Liala	*Maba* sp.	24	12 *50,0*	12 *50,0*	— —	— —	— —	2 *8,3*	0 —	0 —	8 *33,5*	6 *25,0*	6 *25,0*
Olinda	*Chrysophyllum lacourtianum*	22	13 *59,0*	9 *41,0*	— —	4 *18,2*	3 *13,7*	0 —	1 *4,5*	1 *4,5*	2 *9,1*	1 *4,5*	0 —
Bokoko	*Trichilia prieureana*	22	18 *81,8*	4 *18,2*	— —	3 *13,6*	3 *13,6*	0 —	0 —	0 —	9 *41,0*	3 *13,6*	6 *27,2*
Fika	*Garcinia punctata*	20	13 *65,0*	7 *35,0*	— —	3 *15,0*	0 —	0 —	1 *5,0*	1 *5,0*	4 *20,0*	4 *20,0*	5 *25,0*
Akwakwa	*Pterygopodium oxyphyllum*	14	8 —	4 —	2 —	6 —	0 —	0 —	0 —	1 —	3 —	2 —	5 —

Lohongi-Lolombe	*Afrostyrax kamerunensis*	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ebelakabelaka	*Strombosiopsis tetrandra*	14	1	13	—	2	1	1	0	1	4	3	6
Onga	*Synsepalum subcordatum*	13	5	5	3	6	5	1	1	1	4	4	1
Likulu	*Microdesmis puberula*	13	8	2	3	4	4	1	0	1	1	1	0
Etekere	*Drypetes gossweileri*	13	7	5	1	3	3	0	1	0	3	3	2
Osoo	*Combretodendron africanum*	12	2	3	7	1	1	0	0	0	5	4	3
Wehu	*Cynometra hankei*	12	4	8	—	3	0	0	0	0	2	1	0
Okwelekwelesi	*Strombosia grandifolia*	12	3	9	—	—	—	0	2	1	3	1	0
Ibambe	*Cynometra mildbraedii* (1)	11	3	7	1	5	1	0	0	0	3	2	0
Oloko	*Blighia wildemaniana*	10	3	3	4	2	1	1	0	2	4	3	2
Ondutu	*Chrysophyllum africanum*	10	9	1	—	1	0	0	0	0	2	2	2
Lifondji	*Guarea laurentii*	9	7	2	—	1	1	0	0	0	1	1	0
Likwa	*Drypetes* sp.	9	7	2	—	2	1	1	0	0	4	3	2
Angwabele	*Celtis mildbraedii*	9	5	4	—	3	3	0	0	0	2	2	3
Lisolo-li soku	*Pleiocarpa tubicina*	9	7	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
	Totaux :	970	595	326	49	164	116	28	41	31	224	163	169
	% :	100,0	61,3	33,6	5,1	17,0	12,0	2,9	4,2	3,2	23,1	16,8	17,4

(1) *Cynometra mildbraedii* HARMS : *Gilletiodendron mildbraedii* (HARMS) VERMOESEN.

La fréquence minimum observée a été de 0,50 pour mille. L'énumération complète de ces essences serait inutile;

— le nombre total de souches prises en observation dès 1947 sur la surface de 5 ha (colonne 3);

— le nombre de souches pourries, mortes, vivantes ou porteuses de carpophores, relevé à l'âge de 5 ans du défrichement (1952) (1). Les taux de souches appartenant à chacune des catégories précitées sont calculés en fonction du nombre observé de souches pour chaque espèce considérée (colonnes 4 à 8 du tableau IV);

— le nombre de souches reconnues comme foyers possibles d'infection à diverses époques, entre 3 et 5 ans de défrichement (colonnes 9 à 14 du tableau IV).

Il s'agit des souches situées dans un rayon de ± 4 m du collet d'hévéas reconnus contaminés ou infectés par les parasites radicicoles.

On peut résumer comme suit les résultats des observations :

— Beaucoup d'espèces observées (plus de la moitié) sont encore représentées par des souches vivantes cinq ans après l'abattage. On notera notamment *Cola griseiflora* et *Panda oleosa* qui présentent encore des taux respectifs de 12,5 % et 14,3 % de souches vivantes. Pour l'ensemble des souches observées, il y en a 5 % qui sont encore en vie en 1952. Ces souches sont donc susceptibles d'être infectées, si elles ne le sont déjà, et donc de constituer des nouveaux foyers de propagation des pourridiés dans les années ultérieures.

— On n'a pu mettre en évidence une spécificité des essences forestières dans la contamination ou l'infection des hévéas.

— Pour l'ensemble des souches, on a noté la présence de carpophores sur 17 % d'entre elles.

Le taux de souches portant les fructifications de *Fomes lignosus* était de 12 %. L'écart entre 17 % et 12 % est constitué par des souches qui portaient des carpophores de *Fomes* sp. ou de *Ganoderma* sp. Nous devons souligner à ce propos que les fructifications du *Fomes lignosus* n'apparaissent pas nécessairement sur des substrats morts et vidés de leurs matières de réserve.

Nous avons trouvé des carpophores de *Fomes* non seulement sur des souches mortes, décomposées ou entières, mais encore sur des souches vivantes. Ce fut notamment le cas pour des souches de *Panda oleosa* et de *Blighia wildemaniana* (2).

---

(1) M. Fassi, Assistant de la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC, a participé dès 1952 à la réalisation des relevés touchant l'état des souches et la présence de carpophores.

(2) Cette espèce avait été jugée par Steyaert comme particulièrement susceptible à *Fomes lignosus*; c'est sur une souche de *Blighia* qu'il avait aussi observé l'émission de sporées à partir de carpophores de *Fomes*.

— L'observation précédente est à mettre en relation avec le fait que des souches vivantes infectées peuvent contaminer des hévéas avec lesquels elles sont en contact, ainsi que nous avons pu le constater à maintes reprises dans l'expérience précitée.

§ 3. - LES FOYERS D'INFECTION DANS UNE JACHÈRE NATURELLE

Nous avons procédé à la même étude des foyers d'infection dans une jachère naturelle âgée de 3 ans et demi. Sur une surface d'environ 1 ha (70 × 150 m), on a procédé à la recherche des sources possibles d'infection au moyen de la méthode des tranchées, distantes de 14 m, telle que nous l'avons décrite précédemment.

On a déterminé 17 sources d'infection, dont deux seulement méritent d'être considérées comme des foyers de propagation.

Nous donnons au tableau V les quelques caractéristiques de ces sources d'infection.

Les sources d'infection n[os] 3, 4, 12, 13, 14 d'une part et 7, 8, 9, 10 d'autre part, constituent en fait les deux foyers importants de propagation relevés dans la parcelle. Les autres sources sont de moindre importance, tant par le faible volume des racines ou souches que par les portions réduites de ces organes qui sont recouvertes d'un mycélium superficiel de *Fomes*.

Toutes les racines constituant les petites sources d'infection ne sont le plus souvent que des fragments ligneux en voie de pourriture, et pour lesquels on n'a pu retracer l'origine de l'infection. Les souches mortes infectées sont enfin dans un état de décomposition fort avancé. Par rapport à ce que nous avons observé en forêt, on remarque ici une décroissance très nette de la pathogénéité du *Fomes*. Ces observations seront entièrement confirmées ultérieurement lors d'une expérience systématique comparant l'incidence des pourridiés au sein des champs d'hévéas établis après divers précédents culturaux.

Parmi les trois sources d'infection vraiment importantes (foyers n[os] 4, 9 et 14), nous avons à souligner une particularité du foyer n° 4. Nous avons pu observer que l'armillaire parasitait une racine de *Combretum* en développant une plaque mycélienne sous-corticale, sur une longueur de 31 mètres ! Cette même racine en a infecté une autre à une distance de 20 mètres de la souche.

Une seconde racine de la même souche de *Combretum* présentait le même manchon mycélien d'*Armillaria* sur une distance de 28 mètres. Les racines d'un *Chlorophora excelsa,* vivant en contact étroit avec les racines infectées du *Combretum,* étaient néanmoins saines. Il faut enfin noter que

Tableau V. – Quelques caractéristiques des sources d'infection observées

Nº foyer	Nature du foyer	Espèce	Parasite	Observations
1	souche	*Chrysophyllum lacourtianum*	*Fomes*	1 racine et le pivot contaminés.
2	souche	*Microdesmis puberula*	*Fomes*	2 racines et le pivot contaminés.
3	racine	*Maba* sp.	*Fomes*	cette racine porteuse de mycélium à contaminé une racine de *Scorodophloeus* par contact.
4	souche	*Combretum oblongum* (4,50 m circ.)	*Fomes* et armillaire	racines infectées par *Armillaria* et racines contaminées par *Fomes*. Contamination par contact d'un *Microdesmis puberula* de 1 m 70 de circonférence. 3 carpophores de *Ganoderma* sur la souche de *Combretum*.
12	racine	*Combretodendron africanum*	*Fomes*	racines contaminées.
13	souche	indéterminée	*Fomes*	pivot et racines infectés (pourriture).
14	souche	*Panda oleosa*	*Fomes*	racines contaminées et infectées.
6	racine	*Chrysophyllum lacourtianum*	*Fomes*	racine contaminée.
11	racine	*Strombosia glaucescens*	*Fomes*	racine contaminée.
15	racine	*Amphimas pterocarpoides*	*Fomes*	racine contaminée.
16	racine	*Scorodophloeus zenkeri*	*Fomes*	racine contaminée.
17	racine	*Strombosiopsis tetrandra*	*Fomes* et armillaire	racine infectée par *Armillaria* et contaminée par *Fomes*.
7	racine	*Irvingia grandifolia*	*Fomes*	1 racine contaminée.
8	racine	indéterminée	*Fomes*	1 racine contaminée.
9	souche	*Maba* sp. (1,50 m circ.)	*Fomes* et armillaire (?)	contamination et infection de plusieurs racines.
10	racine	*Maba* sp.	*Fomes*	1 racine contaminée.

cette souche de *Combretum*, encore vivante (présence de rejets), présentait simultanément des carpophores de *Ganoderma* sur le fût, du mycélium épiphytique de *Fomes* sur trois racines et de l'armillaire sur 4 racines. C'est le premier cas enregistré qui révèle la présence de trois parasites radicicoles sur le même hôte.

En conclusion, on peut dire que ces trois années de jachère naturelle ont contribué à éliminer une grande partie des sources d'infection. On retrouve les traces de plusieurs sources sous forme de fragments peu importants, dont l'état laisse présumer une disparition complète à brève échéance. Il reste seulement deux ou trois foyers dont l'un, important, est constitué par une souche non encore morte.

§ 4. - CONSIDÉRATIONS SUR LE PROBLÈME DES FOYERS D'INFECTION

Les premières études portant sur les pourridiés de l'hévéa devaient mettre rapidement en évidence que les sources d'infection dans une plantation étaient constituées par des souches ou par des débris ligneux laissés dans le sol, à la suite du défrichement.

Le principe suivant fut d'ailleurs émis : « l'incidence des maladies radiculaires dans une plantation varie directement avec la quantité totale de bois laissée dans le sol au moment de la plantation. Conséquemment, plus grande sera la quantité de bois enlevée à ce moment, plus faible sera l'incidence des pourridiés dans les années à venir ». La conséquence de cette déduction, apparemment logique, fut l'application de la méthode du « clean clearing » ou nettoyage complet du sol. Cette méthode, comme on le sait, consistait à éliminer, après incinération des abattis, toutes les souches et débris ligneux accessibles qui encombraient la surface à planter. Cette technique, bien que très coûteuse, fut appliquée pendant des années alors que les prix du caoutchouc atteignaient une valeur maximum au cours de la période d'euphorie qui suivit la guerre de 1914-1918. Les planteurs d'hévéa voyaient d'ailleurs dans cette méthode divers avantages : outre les promesses d'élimination du danger des pourridiés, il y avait l'établissement aisé des plantations, la facilité de la saignée, du contrôle et de l'entretien.

Les expériences de Weir, puis de Napper [174] en Malaisie, devaient bientôt tempérer l'optimisme avec lequel on avait accueilli le « clean clearing ». Les résultats acquis par ces expérimentateurs différaient sensiblement de ce qui était attendu logiquement, c'est-à-dire l'existence d'une relation entre l'infection due aux pourridiés et la quantité de bois laissée dans le sol de la plantation.

Napper trouva en effet une incidence plus forte de pourridiés dans les champs nettoyés (« clean cleared ») que dans les champs non nettoyés (« uncleared »).

Les divers résultats acquis par NAPPER lui permirent d'établir une courbe, en partie hypothétique, exprimant l'incidence du *Fomes* dans un jeune défrichement, en fonction de la quantité de bois laissée dans le sol par diverses méthodes de défrichement (fig. 97).

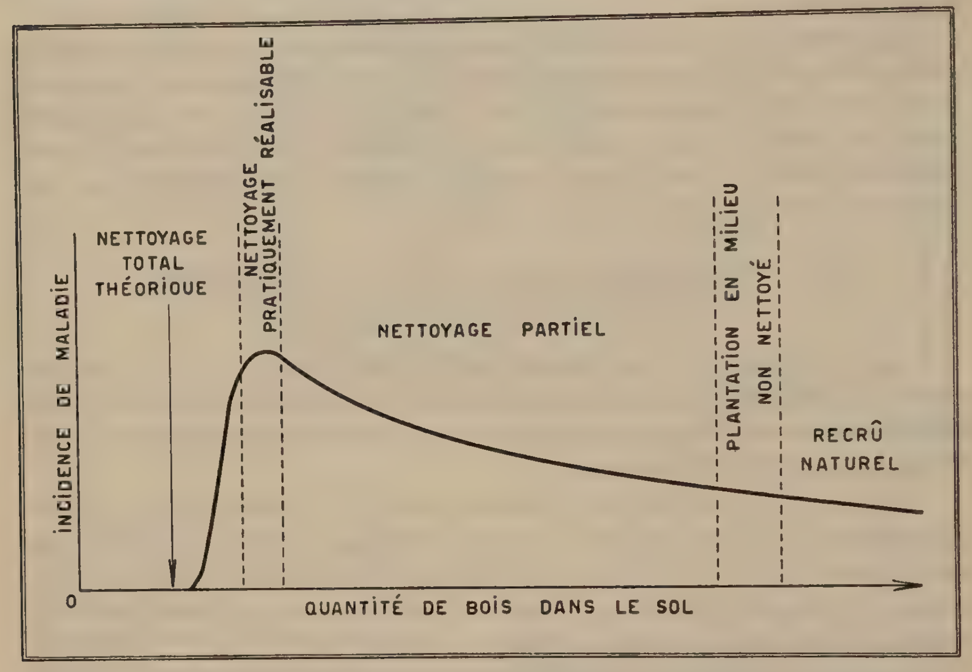


Fig. 97. — Courbe théorique de NAPPER, exprimant l'incidence des pourridiés en fonction de la quantité de bois laissée dans le sol d'un défrichement.

D'après NAPPER, dès que la quantité de matériel ligneux laissée dans le sol augmente à partir de zéro, l'incidence de la maladie parmi les jeunes plants augmente rapidement jusqu'à un maximum, puis tombe graduellement jusqu'à un niveau d'incidence minimum, qui correspond à la présence d'un recru naturel très développé parmi les hévéas.

NAPPER, pour expliquer ces faits apparemment contradictoires, devait formuler une théorie restée classique, sur la base des trois postulats suivants :

1) la présence de pourridiés dans le sol d'une plantation est due à l'existence du parasite à un stade qui précédait l'abattage;

2) la distribution de la maladie dans une plantation d'hévéas est fonction de la distribution originale du parasite dans la forêt. Le parasite est présent en forêt dans des foyers dispersés, chacun d'eux étant figuré par une ou plusieurs souches infectées. La position de ces foyers est fixée par l'abattage et l'incinération, et le champignon ne s'étend pas au delà des racines saines au moment de l'abattage;

3) le champignon ne forme pas de rhizomorphes tant que les réserves nutritives du substrat sur lequel il vit ne commencent pas à s'épuiser.

De ces postulats, NAPPER déduisait l'essentiel de sa théorie, que nous pouvons résumer comme suit :

— S'il était possible d'éliminer avant la plantation tout le bois présent dans le sol, tout danger d'infection serait exclu.

— Si une quantité, même faible, de matériel ligneux généralement distribué est laissée dans le sol, la distribution de l'infection sera la même que si rien n'avait été enlevé. Le volume ligneux laissé dans le sol étant faible, il y aura épuisement rapide des réserves nutritives utilisables par le champignon dans sa phase saprophytique. De ce fait, il y aura formation précoce de rhizomorphes, lesquels se développeront à partir de la source dont ils sont originaires, jusqu'à épuisement de leur substrat de départ. Les chances d'infection sont grandes pour de jeunes hévéas placés dans un tel sol, où ils constituent la seule possibilité de survie du parasite.

— Si une quantité croissante de bois est laissée dans le sol, au moment de la plantation, il en résultera un double effet. D'une part, les matières nutritives étant abondantes, la formation des rhizomorphes sera retardée. D'autre part, les rhizomorphes étant formés à un moment donné, il y aura une quantité importante de matériel ligneux autre que les jeunes hévéas, sur lequel la propagation pourra se réaliser. Dans ces conditions, les chances d'infection des jeunes plants d'hévéa sont fortement réduites.

— Enfin, si un recru naturel se forme dans une jeune plantation, la proportion de bois qui appartient à la plante de culture deviendra faible en regard de la quantité de matériel qui peut être parasité et colonisé par le champignon. Dans ce cas, la probabilité d'attaque sur les jeunes hévéas est encore réduite. C'est dans ce raisonnement que l'auteur précité trouvait l'explication d'une moindre incidence des maladies radiculaires dans des plantations dotées de plantes de couvertures.

La théorie de NAPPER, bien que généralement admise, rencontre de sérieuses objections dans nos conditions de milieu. Ainsi, son postulat suivant lequel les seules espèces ligneuses déjà infectées au moment du défrichement joueraient le rôle de foyers d'infection pour les hévéas des plantations, ne peut être admis sans réserves. Il faudrait en effet admettre, pour que cette affirmation soit valable, que les souches voisines des foyers primaires d'infection soient rapidement colonisées après abattage par des champignons saprophytes, ce qui les mettrait à l'abri d'une invasion ultérieure par les parasites radicicoles (1). Ceci implique comme condition préalable que les souches soient rapidement tuées à la suite des opérations de défrichement. Or,

(1) LEACH [109] a fourni la preuve expérimentale que des tissus ligneux, colonisés par des champignons saprophytes, ne pouvaient plus être envahis par *Armillaria* notamment.

les observations que nous avons faites ont prouvé que non seulement un pourcentage appréciable de souches restent longtemps vivantes, mais encore que ces souches peuvent s'infecter au contact des foyers primaires d'infection, ou « foyers préexistants », comme les appelait NAPPER.

Ainsi, les souches déjà parasitées au moment du défrichement sont capables d'étendre l'infection aux souches encore vivantes avec lesquelles elles sont en contact. Ce processus, dont nous avons pu démontrer l'existence, explique la présence, dans certaines plantations d'hévéas négligées sous l'angle sanitaire, d'une infection pratiquement généralisée.

NAPPER estimait encore que les grosses masses ligneuses infectées étaient relativement peu dangereuses pour les hévéas, du fait qu'elles n'arrivent pas avant longtemps au stade de la production de rhizomorphes. Selon lui, elles avaient même un effet favorable en ce sens que leurs surfaces importantes faisaient se disperser l'énergie de croissance des rhizomorphes en progression. Il écrivait à ce propos : « The greater the area of solid surfaces, or obstacles to be covered, the slower will be the advance of the rhizomorphs from their source with the result that some of them may never achieve infection of the roots of the plantation crop ». (1)

Cette opinion rencontre, dans nos conditions, des objections majeures. D'abord, nous ne pouvons admettre la conception suivant laquelle la formation des rhizomorphes ne s'opère qu'à un stade avancé d'épuisement des réserves de l'hôte (stimulus d'inanition). Nous avons signalé avoir observé à diverses reprises le déclenchement des formations rhizomorphiques bien avant la désorganisation des tissus de l'hôte infecté. Ce qui est plus remarquable encore, c'est que des souches vivantes, infectées, sont capables de contaminer, au moyen des rhizomorphes émis par les parasites, des hôtes vivants se trouvant à leur contact. Quant à l'influence favorable des grosses masses ligneuses dont la surface importante ferait se disperser l'énergie de croissance des rhizomorphes, on ne pourrait l'admettre qu'en étroite relation avec les deux conditions suivantes :

1) parcours des rhizomorphes uniquement sur des substrats ligneux. C'est ce que croyait NAPPER;
2) absence complète d'hôtes vivants sur le parcours des rhizomorphes.

En ce qui concerne la première de ces conditions, on sait qu'elle n'est pas réalisée. Tant nos observations en milieu naturel que les essais en laboratoire ont démontré la faculté des rhizomorphes du *Fomes* et de l'armillaire de se propager dans le sol. Quant à la seconde condition, nous avons démontré précédemment qu'elle n'était pas défendable, étant donné la persistance d'un taux appréciable d'hôtes vivants dans les défrichements.

---

(1) « Plus grande sera l'étendue de surfaces solides ou d'obstacles à recouvrir, et plus lente sera la progression des rhizomorphes à partir de leur source, avec la conséquence que certains d'entre eux n'arriveront jamais à infecter les racines de la plante cultivée ».

Nous en venons ainsi à défendre le point de vue selon lequel les masses ligneuses importantes d'un défrichement constituent en fait pour les plantations d'hôtes susceptibles — comme les hévéas — la menace la plus sérieuse et la plus durable.

Nous pouvons maintenant synthétiser comme suit les résultats de nos observations touchant le problème des foyers d'infection dans nos conditions de milieu :

— lors de l'abattage d'une forêt, il existe déjà des foyers d'infection, représentés soit par des souches mortes infectées, soit par des individus vivants infectés, soit encore par des hôtes vivants, simplement contaminés dont l'opération d'abattage, en affaiblissant la résistance des individus, autorise leur infection par le parasite [1];

— à un stade ultérieur à l'abattage, les foyers primaires d'infection sont capables de contaminer et d'infecter des hôtes voisins encore vivants. Cette extension du mal se réalise principalement par voie de contact entre organes radiculaires sains et malades. Quelques observations réalisées nous permettent toutefois de penser qu'on ne peut rejeter *a priori* la propagation du mal par spores;

— les hévéas établis après le défrichement ne subissent pas de dégâts spectaculaires au cours des premières années de plantation. C'est ce qui fit considérer par Napper, sur la foi d'observations de trop courte durée, que les grosses masses ligneuses ne constituaient pas un danger évident pour les hévéas. Il faut en voir la raison, bien simple, dans le fait que les jeunes systèmes radiculaires ne sont pas encore assez étalés pour rencontrer du matériel ligneux infecté, dans des proportions notables.

  Pendant ces premières années, l'infection s'étend pourtant à partir des foyers primaires jusqu'à de nombreuses souches encore vivantes avec lesquelles ils sont en contact;

— avec l'extension progressive des racines des hévéas, les cas d'infection dans la culture commencent à se multiplier. Ce phénomène devient très apparent à partir de l'âge de 4 ans. Nous l'avons prouvé en étudiant les taux de souches infectantes au cours du temps, et nous le démontrerons encore ultérieurement en analysant les taux de disparition observés parmi les hévéas.

  Cet accroissement soudain de l'infection des hévéas est dû à une double cause : d'une part, la multiplication des foyers d'infection qui s'est poursuivie au cours des premières années et, d'autre part, l'accroissement en longueur des racines des hévéas qui a accru les chances de contact avec du matériel infecté;

(1) Leach a même prouvé l'existence de cas de latence, lésions localisées sur le système radiculaire, dans lesquels le parasite (*Armillaria*) était tenu en échec par la résistance de l'hôte. Le recépage de ces individus, en brisant leur capacité de résistance, favoriserait l'envahissement rapide des tissus par le parasite.

— à un dernier stade, qui correspond à 5 ou 6 ans de plantation, les hévéas infectés jouent eux-mêmes le rôle de foyers d'infection du fait de l'enchevêtrement de leurs systèmes radiculaires, au moins dans les lignes de plantation.

Il faut encore souligner que le non-essouchement, en ne perturbant pas le sol, n'accentue pas le déséquilibre amorcé par l'abattage de la forêt. Ainsi, on peut penser que cette technique laisse encore une possibilité d'intervention de certains antagonismes pour circonscrire certains foyers d'infection en retardant l'éclosion de la propagation rhizomorphique.

Si on laisse renaître un recru naturel abondant, les conditions d'équilibre biologique vont même tendre à s'améliorer. SHARPLES, commentant l'influence du recru naturel sur l'incidence de *Fomes lignosus* dans les plantations, estimait que la grande densité des systèmes radiculaires de ce couvert naturel agissait mécaniquement pour freiner la propagation rhizomorphique; cet auteur parlait d'un « baffle effect » ou « effet de chicanes ». Nous pensons avec STEYAERT [272] que cette explication n'est pas valable et que le phénomène d'inhibition de croissance des rhizomorphes serait plutôt d'origine biochimique, causée par la sécrétion de substances fungistatiques par les racines du recru.

Outre ce fait, il reste la possibilité que le *Fomes* parasite certaines espèces du recru, qui constituent dès lors des foyers secondaires de dispersion à partir desquels les rhizomorphes se propageront à nouveau sur les substrats constitués par le fouillis radiculaire des plantes du recru.

Ainsi, l'action retardatrice imposée à l'incidence du mal sur les hévéas par un couvert naturel ne serait pas due à une action « mécanique », mais bien à la conjugaison de deux circonstances : la sécrétion par les racines de substances inhibitrices ou fungistatiques d'une part et l'aliment offert au parasite par des espèces susceptibles d'autre part.

Il est probable aussi que la microflore, plus abondante dans la rhizosphère que dans un sol nu, joue un rôle dans le ralentissement de la progression des rhizomorphes.

Les observations que nous avons réalisées à Yangambi durant bientôt six années nous ont suggéré toutefois que le « retard » dans la propagation rhizomorphiques, dont parlaient NAPPER et SHARPLES, ne doit pas être pris au sens strict du mot. On peut, à notre avis, parler de retard dans l'apparition des symptômes d'attaque sur la jeune plantation en conditions de recru naturel, mais pas de retard dans la propagation des rhizomorphes. A ce point de vue, il est bon de signaler que l'on confond beaucoup trop souvent propagation et parasitisme. Les rhizomorphes peuvent très bien se propager sur plusieurs mètres, même sur des racines d'hévéa, sans les « parasiter ».

Il est probable que, dans le cas d'un couvert naturel, la propagation spatiale soit importante, mais que les sources d'alimentation soient nombreuses, ce qui rend le parasitisme sur l'hévéa assez problématique durant un certain temps après la plantation. Enfin, joue ici une loi de probabilité : c'est l'expansion progressive, au hasard, des racines des jeunes hévéas ayant une certaine chance d'entrer en contact avec une source d'infection.

En conclusion, on peut dire que le recru naturel, joint au non-essouchement, contribue à retarder l'infection de la jeune plantation, d'abord par le maintien d'un meilleur équilibre biologique qui laisse jouer des antagonismes, et ensuite par la quantité d'aliments offerts au parasite, surtout durant la période où les hévéas, encore jeunes, n'ont encore exploré avec leurs racines qu'une surface relativement faible de l'aire qui leur est dévolue.

Les résultats acquis par NAPPER, qui jetaient un doute sur l'efficacité de l'essouchement en Malaisie, devaient bientôt se trouver appuyés par les méfaits que provoquait le « clean clearing »; l'érosion et la perte de fertilité constatée dans beaucoup de sols devaient achever de jeter le discrédit sur cette méthode. Le revirement fut d'autant plus aisé que des circonstances économiques défavorables interdirent bientôt d'envisager des investissements importants dans la préparation du terrain destiné aux plantations d'hévéas.

Les observations réalisées enfin sur le rôle joué par la masse de l'inoculum sur le pouvoir infectant du matériel ligneux, tout en réaffirmant l'exactitude des résultats obtenus par DE JONG dans ses essais d'inoculation, nous confirment encore dans l'opinion que les souches infectées doivent être considérées comme la menace la plus dangereuse pour l'avenir des plantations d'hévéas.

Certains auteurs, notamment en Malaisie, ont préconisé l'élimination des foyers « potentiels » d'infection à l'aide d'une méthode d'essouchement sélectif. Il s'agirait donc d'éliminer, au moment de l'abattage, les seules souches reconnues susceptibles aux pourridiés. Les résultats de nos observations, en montrant que toutes les essences observées à Yangambi peuvent contribuer à l'infection des hévéas, démontrent par la même occasion qu'il serait vain de tenter l'application d'une telle méthode dans nos conditions.

Une méthode beaucoup plus élégante pour l'élimination des foyers d'infection fut celle préconisée par LEACH, qui se basait sur le principe que l'annélation, appliquée aux essences forestières avant l'abattage, rendrait ces dernières moins réceptives aux pourridiés (*Armillaria* notamment) du fait de l'élimination des matières amylacées de réserve (1).

(1) A la suite d'études histologiques sur des théiers infectés par *Armillaria mellea*, LEACH observa que le parasite désertait les régions corticales, pauvres en matières amylacées, mais se développait par contre activement dans les rayons médullaires, tissus très riches en amidon. Ces observations confirmaient les expériences de BLISS, qui concluaient à la nécessité d'un milieu riche en réserves amylacées pour permettre le développement d'*Armillaria*. LEACH en déduisit le principe d'une méthode de lutte qui consistait, par l'annélation des arbres, à priver les souches de leurs réserves amylacées avant de procéder à l'abattage.

Nous avons vu que des observations préliminaires réalisées à Yangambi tendent à confirmer l'hypothèse de LEACH et fournissent donc l'espoir d'aboutir un jour à une solution simple et économique du problème de la lutte contre les pourridiés en traitant les essences forestières avant leur abattage.

De même, la réduction des foyers d'infection observée dans les jachères naturelles s'explique par la disparition de nombreux hôtes vivants (souches) et par l'élimination d'une grande partie des débris ligneux infectés. Les seules essences dangereuses dans des jachères sont celles dont les souches peuvent survivre en dépit de la concurrence qui s'établit avec les espèces héliophiles à croissance rapide.

Le problème des foyers d'infection, tel qu'il vient d'être discuté, est de portée assez générale, c'est-à-dire qu'il intéresse autant *Armillaria mellea* que *Fomes lignosus*.

Il faut signaler toutefois que les foyers constitués par *Armillaria* seraient plus longtemps actifs.

Il semble en effet ressortir des études menées par divers spécialistes que l'armillaire serait plus apte à vivre en saprophyte que le *Fomes,* ce qui lui permettrait de subsister plus longtemps sur les tissus morts des hôtes qu'il a parasités.

Les observations que nous avons réalisées à Yangambi confirment le fait que l'armillaire constitue plus longtemps que le *Fomes* une menace pour les champs d'hévéas; on le retrouve en effet comme parasite jusqu'à un âge assez avancé des plantations.

CHAPITRE III

CONTAMINATION ET INFECTION DES HÉVÉAS

§ 1. - CYCLE VITAL ET PROPAGATION DES PARASITES RADICICOLES

1. - *CYCLE VITAL.*

Les champignons parasites des racines suivent un cycle de vie en trois phases [242] :

— l'invasion des racines d'un hôte vivant par les rhizomorphes issus de tissus infectés se trouvant à un stade de désorganisation déterminé;
— la pénétration des portions de racines envahies, avec extension graduelle du mycélium dans les tissus profonds de l'hôte jusqu'à ce que sa mort s'en suive;
— la production de rhizomorphes à partir des tissus colonisés.

En conditions naturelles, ce processus est plus ou moins continu et les rhizomorphes parviennent à rencontrer des racines vivantes d'espèces susceptibles qui leur permettent de poursuivre l'accomplissement du cycle normal de vie du champignon parasite.

Après abattage, parfois suivi du brûlage de la forêt, les parasites radicicoles sont d'abord menacés de destruction totale. Du fait que les rhizomorphes sont incapables d'utiliser des substrats morts, le plus souvent en voie de colonisation par les saprophytes du sol, la destruction artificielle de la majorité des hôtes vivants risque de briser le cycle vital de l'organisme parasite.

Les sources d'infection s'épuisent graduellement en des productions de rhizomorphes qui sont condamnés à disparaître si une nouvelle génération d'hôtes susceptibles n'intervient pas à temps, soit sous forme de recrus et de semis naturels (recolonisation), soit sous forme de plantation, ce qui est le cas des champs d'hévéas. Dans cette dernière éventualité, le champignon peut reprendre un cycle normal de vie, l'infection étant transférée des systèmes radiculaires infectés de la forêt à ceux de la culture arborescente établie.

Cet aspect de la biologie des parasites radicicoles explique l'absence de maladies radiculaires parmi les hévéas qui furent plantés sur des terrains précédemment occupés, pendant de nombreuses années, par des cultures non susceptibles à leur action parasitaire.

Comme particularité propre à *Armillaria mellea*, il faut noter que la phase initiale, l'invasion des racines d'un hôte vivant par les rhizomorphes, n'est pas aussi caractéristique que dans le cas du *Fomes*. Pour l'armillaire, en effet, il n'existe jamais de progression épiphytique du système rhizomorphique, lequel reste confiné sous l'écorce de l'hôte. Ce n'est qu'à un stade ultérieur, lorsque le mycélium sera passé de la phase végétative à la phase reproductrice (1), que l'on verra apparaître à l'extérieur des formations de nature sclérotiale et des rhizomorphes. A ce moment, la racine est déjà à un stade avancé de colonisation et les formations précitées correspondent à la troisième phase du cycle vital, soit l'émission de rhizomorphes à partir des tissus parasités.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique à un système de propagation des champignons par voie végétative souterraine. Or, *Fomes lignosus*, notamment (2), dispose d'un moyen de propagation génératif, sous forme de basidiospores émises par les carpophores.

Un cycle d'infection peut également se constituer à partir de ces spores dans un jeune défrichement : des spores, emportées par le vent, peuvent germer, à la suite de circonstances favorables du milieu, sur les surfaces fraîchement coupées des souches et développer un mycélium qui croît dans les tissus profonds, pour aboutir finalement aux racines. De là, les organes végétatifs de propagation reprennent le cycle précédemment décrit.

Cet aspect, brièvement décrit, du cycle vital du parasite met en cause deux moyens de propagation, l'un végétatif, l'autre génératif. La connaissance plus complète de ces modes de propagation est indiscutablement très utile pour une meilleure compréhension des processus d'infection d'une plantation. C'est pourquoi nous envisagerons plus en détail, dans les lignes qui vont suivre, chacun des deux types de propagation.

2. - PROPAGATION PAR VOIE VEGETATIVE.

a) *Fomes lignosus*.

La propagation par voie végétative se réalise au moyen de rhizomorphes, qui sont les organes de propagation spécialisés du parasite, lui permettant de produire, dans des conditions favorables, une succession indéfinie de générations végétatives sans les longs délais qui sont impartis à la propagation par voie générative.

Pour les champignons parasites du type *Fomes*, la propagation végétative a supplanté en importance la reproduction sexuée. De ce fait, les maladies, qui résultent de l'action de ces parasites ayant une commune métho-

---

(1) Cette modification intervient par la formation des pseudo-sclérotes dont nous définirons le rôle ultérieurement en signalant les travaux de CAMPBELL [69].

(2) Les études de biologie, dont l'*Armillaria* fut l'objet, ont amené les spécialistes à conclure que la propagation générative ne jouait qu'un rôle négligeable dans la vie du parasite. La propagation par voie végétative, qui est très spécialisée chez ce champignon parasite, est donc pratiquement le seul moyen qui intervient dans le processus d'infection des cultures ligneuses sous les tropiques.

de d'attaque, présentent des aspects évolutifs assez semblables qui découlent des caractéristiques mêmes de la propagation rhizomorphique.

Nature des rhizomorphes.

Les rhizomorphes de *Fomes lignosus* sont constitués par l'agrégation d'hyphes, ces filaments élémentaires constituant le mycélium.

Ces rhizomorphes, qui se présentent sous la forme de cordonnets caractéristiques, peuvent croître longitudinalement. Ils ont la faculté de s'anastomoser pour former des réseaux.

Beaucoup d'auteurs ont considéré les rhizomorphes comme étant des organes de transport de substances nutritives; en supposant que cette fonction fut réellement celle qui était assumée à l'origine par ces formations, certains biologistes en ont déduit que, à un certain moment, elles avaient dû exister à un stade saprophytique, antérieur au processus d'évolution du champignon vers le parasitisme [244].

De fait, chez les champignons parasites, le transport d'aliments est une fonction considérée par nombre de mycologues comme secondaire par rapport à deux autres nécessités vitales : la protection contre la dessiccation et la propagation. Le danger de dessiccation est en grande partie évité par l'agrégation des hyphes dans ces structures rhizomorphiques, de même que la faculté d'extension de ces dernières permet au parasite d'atteindre d'autres hôtes.

Suivant certaines opinions, les rhizomorphes constitueraient une transition entre les deux stades, saprophytique et parasite, transition réalisée en passant par un stade intermédiaire de semi-parasitisme. A cause même des phases épiphytiques que marque sa progression végétative et durant lesquelles les activités parasitaires sont suspendues, on a pu assimiler le *Fomes lignosus* à un semi-parasite.

A ce point de vue, on peut avancer divers arguments qui semblent confirmer cette opinion :

1) Propagation épiphytique parfois très importante (plusieurs mètres).
2) Rhizomorphe constitué de faux tissus non différenciés à structure simple, qui est à opposer, par exemple, au rhizomorphe spécialisé d'*Armillaria*
3) Le *Fomes* est considéré, parmi les pourridiés de l'hévéa, comme le moins bien armé pour la résistance à la dessiccation.
4) Ce parasite semble capable de vivre durant des années en saprophyte sur des substrats qu'il a colonisés dès le début.

Propagation des rhizomorphes et mode d'infection.

La possibilité qu'ont les rhizomorphes de *Fomes lignosus* de se propager librement à travers le sol a toujours prêté à controverse.

Petch [196] fut l'un des premiers mycologues à affirmer que le mycélium pouvait s'étendre à travers le sol jusqu'à une certaine distance des foyers d'infection, tout en restant attaché à la source dont il tire sa substance, jusqu'à ce qu'il parvienne à parasiter un nouvel hôte.

Steinmann [261] et Van Hall [298] étaient également d'avis que les rhizomorphes de *Fomes* pouvaient se propager librement dans le sol dans une aire limitée.

Sharples [241] et Napper [174] défendaient par contre l'idée suivant laquelle les rhizomorphes ne pouvaient s'étendre à une distance appréciable à travers le sol, mais exigeaient des surfaces solides le long desquelles ils pouvaient progresser.

En fait, la propagation libre des rhizomorphes dans le sol a été prouvée [1]. Ce qui est probable, c'est que les chances de voir provoquer des infections par des rhizomorphes se propageant librement dans le sol sont beaucoup moindres que celles pouvant être déterminées par des masses ligneuses infectées se trouvant au contact des racines d'un hôte.

De fait, aussi bien à Yangambi qu'en Indo-Malaisie, il a presque toujours été possible de retracer les infections radiculaires jusqu'à la source de départ, constituée par des débris ligneux infectés.

Il semble que l'on puisse admettre que l'infection par rhizomorphes en propagation libre, tout comme la propagation par spores, soit un phénomène accidentel.

Stade de production des rhizomorphes.

Divers auteurs estiment que la production de rhizomorphes ne se déclenche qu'à un certain stade de décomposition de la source initiale d'infection. Selon Sharples, la production de rhizomorphes à partir d'un tissu infecté est probablement une réaction à des conditions d'inanition, le stimulus à la production étant mis en jeu quand le champignon a complètement vidé son hôte de toute substance nutritive utilisable.

D'aucuns estiment, par contre, que la production de rhizomorphes peut se déclencher peu de temps après l'infection d'un hôte par le parasite. Les observations réalisées à Yangambi nous incitent à accepter cette dernière opinion comme étant la plus correcte.

b) *Armillaria mellea.*

Les rhizomorphes.

Les rhizomorphes d'*Armillaria mellea* montrent, en coupe transversale, trois zones distinctes :

---

(1) Des expériences toutes récentes (1953), menées au Laboratoire de la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC à Yangambi, ont confirmé le fait que les cordons rhizomorphiques de *Fomes lignosus* et d'*Armillaria mellea* pouvaient se propager dans le sol sans aucun besoin de supports végétaux, tels que racines et débris de bois. (Cfr Rapport annuel pour l'Exercice 1953 de l'INEAC).

— une écorce constituée de portions d'hyphes très serrés, dont les parois sont fortement épaissies. Cette écorce, qui est noire, peut parfois devenir mucilagineuse chez le rhizomorphe adulte;

— immédiatement sous l'écorce, une masse d'hyphes de couleur blanche, étroitement entrelacés, forme le cortex;

— au milieu, des hyphes plus lâches forment la moelle. Cette dernière zone est souvent plus ou moins creuse et fournit notamment un moyen d'aération aux portions en croissance [146].

A ce propos, REITSMA [213] précisait que l'armillaire ne pouvait vivre sans oxygène, mais que les rhizomorphes étaient capables de le transporter à certaines distances. De même, ces rhizomorphes seraient capables d'assurer une extension du parasite sur une assez grande distance (ELLIS, 1922) par translocation assez intense de matériaux nutritifs (1).

Il existe, chez les rhizomorphes de l'armillaire, une région de croissance apicale définie. En fait, ces rhizomorphes possèdent un pouvoir de croissance illimité, ce qui leur permet de s'étendre non seulement sur un hôte donné, mais aussi à travers le sol.

Les rhizomorphes d'*Armillaria mellea* furent décrits comme de longs cordons noirs, tantôt arrondis, tantôt aplatis en lacets de chaussures, qui s'étendent à travers le sol pour assurer la distribution du parasite [69]. On les a signalés communément sous l'écorce des arbres tués par le parasite, et plus tard s'étalant dans le sol environnant.

En fait, les rhizomorphes de section ronde (2 à 3 mm de diamètre) sont ceux qui croissent dans le sol; ceux qui se propagent sous l'écorce sont de forme aplatie. Ces deux formes furent respectivement dénommées *Rhizomorpha subterranea* et *R. subcorticalis* par PERSOON (WALLACE, [320]; CAMPBELL, [69]).

Les *Rhizomorpha subterranea* (PERSOON) sont cylindriques avec moins de ramifications et sont généralement plus petits que les rhizomorphes aplatis séjournant sous l'écorce. La forme aplatie de *R. subcorticalis* a été attribuée par certains auteurs à l'étroitesse de l'espace dans lequel ils se développent et à la pression exercée sur eux par l'écorce des racines parasitées. CAMPBELL notait à ce propos que, dans les cultures qu'il avait observées, les rhizomorphes formés étaient aplatis, mais devenaient cylindriques en atteignant la surface des milieux de culture. Cette observation lui fit suggérer que la forme aplatie, très développée en milieu nutritif riche, correspondrait à une extension maximum de la surface du rhizomorphe pour profiter au mieux des possibilités du milieu. A l'extérieur, au contraire, la présence d'air

(1) On se souviendra que cette translocation était déjà efficace le long des rhizomorphes non différenciés de *Fomes lignosus*. Nous rappelons que ces derniers peuvent en effet se propager en épiphytes sur les racines de l'hévéa, parfois sur plusieurs mètres (NAPPER a signalé un cas remarquable qui atteignait 4,50 m avant pénétration de l'hôte).

et l'évaporation plus importante qui coïncident avec une raréfaction des aliments assimilables par le champignon amèneraient le rhizomorphe à réduire sa surface jusqu'au minimum possible : ce minimum est réalisé par la forme cylindrique.

Les rhizomorphes d'*Armillaria* peuvent se ramifier librement. Normalement, les ramifications du rhizomorphe se développent à son point de contact avec la surface de la racine, et seulement quand le contact établi est très ferme.

Ces ramifications forment les rhizomorphes de pénétration; ceux-ci naissent dans les cellules corticales internes du rhizomorphe parental, suite à l'intervention d'un stimulus de contact, selon BREFELD (1877). Les ramifications peuvent être assez nombreuses et se développent toujours, semble-t-il, sur la face du rhizomorphe en contact avec l'hôte.

Selon divers auteurs, les rhizomorphes d'*Armillaria* en phase de croissance active seraient luminescents, grâce à un processus d'auto-oxydation [146]. Ce fait était déjà signalé en 1932 par REITSMA [213] qui précisait que seuls les rhizomorphes jeunes étaient dotés de cette faculté. RHOADS [216], à l'occasion d'une étude portant sur deux champignons voisins, *Armillaria mellea* et *Clitocybe tabescens,* signalait que le mycélium du premier présentait un phénomène de luminescence (1). Cette particularité dépendrait de l'âge du mycélium et de certains facteurs du milieu. RHOADS notait encore que la luminescence était plus accentuée en certains points du mycélium et toujours dans les zones de surface des cultures ainsi que dans les jeunes rhizomorphes; avec l'âge, cette faculté se perdrait.

Nous verrons plus loin le comportement du parasite à l'égard d'un hôte qu'il va coloniser. On doit cependant préciser dès maintenant que ce sont des formations particulières, les pseudo-sclérotes de CAMPBELL, qui donnent naissance aux rhizomorphes, lesquels conservent donc la fonction des sclérotes de porter des carpophores. De même, les *xylostroma* noirs, qui apparaissent dans les fendillements d'une écorce parasitée et qui constituent des expansions externes de nature sclérotiale, peuvent être assimilés aux rhizomorphes de par leur structure (CAMPBELL-WALLACE). Cette similitude de structure des rhizomorphes et des feuillets de *xylostroma* fut déjà signalée par HARTIG [117].

DADE [84], qui a étudié ces excroissances dans le « collar-crack » du cacaoyer, leur a trouvé une structure intermédiaire entre celles des sclérotes et des rhizomorphes, ce qui était dû, selon lui, aux conditions du milieu dans lequel elles se produisaient. Ainsi, les excroissances noirâtres qui apparaissent dans les fendillements de l'écorce des hévéas parasités, comme nous les avons précédemment décrites, sont assimilables à des rhizomorphes. Nous

---

(1) Le phénomène de luminescence du mycélium d'*Armillaria* en culture permettait à RHOADS de distinguer ce dernier du *Clitocybe tabescens* lorsque les cultures des deux champignons étaient placées dans l'obscurité.

avons d'ailleurs pu retracer des rhizomorphes des formes *subcorticalis* et *subterranea* jusqu'à ces formations (*xylostroma*) de nature sclérotiale, elles-mêmes ne constituant qu'une expansion visible des pseudo-sclérotes enfouis dans le bois.

Propagation des rhizomorphes.

Il est prouvé de manière irréfutable que les rhizomorphes d'*Armillaria* sont capables de se propager dans le sol, à partir des formations sclérotiales développées dans les tissus d'un hôte parasité. Ces rhizomorphes seraient même capables de parasiter un hôte donné au cours de leur libre propagation. CAMPBELL [69] confirmait ces deux points de vue en écrivant (1) : « En se créant une voie à travers les fendillements de l'écorce, jusque dans le sol, le rhizomorphe se prépare à exercer sa fonction reproductrice soit par la formation de carpophores, soit par infection directe d'un nouvel hôte. Le fait le plus remarquable de la biologie d'*Armillaria mellea* est la faculté de croissance apicale par laquelle le pseudo-sclérote est capable de se rendre lui-même au contact direct d'un nouvel hôte et d'y implanter son mycélium. La certitude de cette méthode de reproduction par rapport à la production et à la distribution de spores est amplement démontrée par son succès qui fait de l'armillaire le plus sérieux des parasites d'arbres. »

Divers auteurs ont reconnu cette possibilité de propagation des rhizomorphes dans le sol.

WALLACE [320] les signale s'étendant en croissance libre dans le sol autour d'arbres infectés; le fait serait fréquent en Uganda et au Tanganyika. Cette propagation n'a, par contre, jamais été signalée en Gold Coast. MAC DONALD [146] signale que les rhizomorphes peuvent croître librement à travers le sol et attaquer directement les racines de certains arbres.

ELLIS en 1929 relatait avoir observé, dans une mine, des rhizomorphes d'*Armillaria mellea* sur plus de 22 yards (près de 20 mètres) à partir d'un poteau infecté.

On peut dire que personne n'a nié jusqu'ici ce type de propagation dans le sol, qui semble se réaliser aisément dans certaines conditions.

Par contre, en ce qui concerne le mode d'infection des plantes de culture, il faut se rappeler à nouveau la distinction que nous avons déjà faite précédemment entre la propagation du champignon et la propagation de la maladie. A ce point de vue, il semble bien que la contamination des plantes ligneuses de culture ne s'opère que rarement au moyen des rhizomorphes en propagation libre dans le sol. La contamination s'opérerait plutôt par contact des racines vivantes avec du matériel ligneux infecté, enfoui dans le sol. Les conditions qui déterminent la contamination des plantes par *Armillaria mellea* seraient en fait assez semblables à celles qui furent déterminées pour

(1) Traduction par l'auteur d'un fragment extrait de la note de CAMPBELL publiée en 1934 : « Zone lines in plant tissues, II. The black lines formed by *Armillaria mellea* (VAHL et FR.) QUÉL. », *Ann. appl. Biol.*, XXI, 1, p. 1-22 (1934).

des parasites radiculaires à rhizomorphes externes, comme *Fomes* et *Ganoderma.*

Les preuves dans ce sens ne manquent pas.

DADE [84], qui étudia le problème sur le cacaoyer en 1927, signala que, dans tous les cas observés d'infection, on avait pu en déceler l'origine dans un contact des racines de l'hôte avec les racines malades d'autres arbres, ou encore avec du bois en voie de pourriture (1). DADE ne trouva d'ailleurs pas de rhizomorphes d'*Armillaria* dans ces plantations et il supposait que leur développement pouvait être entravé par la texture lourde des sols argileux.

WALLACE [320] pensait que les plantes susceptibles à *Armillaria* pouvaient sans doute être infectées directement par le champignon présent dans le sol sous forme de rhizomorphes, mais que cette éventualité était peu commune. Il estimait que la principale cause d'infection était représentée par le champignon présent dans les racines et souches d'arbres morts après défrichement. Au Tanganyika notamment, l'auteur précisait que, toujours, on avait relevé, à proximité immédiate ou au contact des théiers et caféiers infectés, un foyer d'infection constitué par des racines malades ou des masses ligneuses en décomposition. WALLACE émettait enfin, sous réserve de confirmation ultérieure, une appréciation suivant laquelle les rhizomorphes ne disposeraient que d'une possibilité de parcours assez limitée, n'excédant pas quelques pieds. Sur la base de cette appréciation et des observations précitées, il concluait que la possibilité d'infection par les rhizomorphes, si elle existe, doit être très restreinte.

BUTLER [66], en 1928, signalait que le développement de rhizomorphes d'*Armillaria* était un fait très rare au Nyasaland. D'après lui, l'infection des théiers s'effectuait surtout par contact des racines avec les jeunes formations de *xylostroma* qui apparaissaient à travers l'écorce des racines forestières infectées.

Au Congo belge enfin, bien que nous ayons découvert des formations rhizomorphiques sur des racines parasitées et même dans le sol au voisinage immédiat d'hôtes infectés, on peut dire que l'existence des rhizomorphes d'*Armillaria* est peu commune. Il semble que, dans la grande majorité des cas, ce soit au contact de débris ligneux colonisés par le parasite que viennent s'infecter les racines d'hévéa. Les multiples observations réalisées ces dernières années nous ont convaincu de la nette prédominance de ce mode d'infection, par contact avec du matériel infecté.

3. - *PROPAGATION PAR VOIE GENERATIVE.*

a) *Fomes lignosus.*

La phase générative du champignon est représentée par des fructifications ou carpophores qui, à un certain stade de leur développement, émettent

(1) DADE fournit l'exemple d'une racine d'*Eriodendron* qui, séparée du plant mère et parasitée par *Armillaria mellea*, contamina six cacaoyers sur une longueur de plus 30 mètres par contact direct avec leurs racines latérales.

des basidiospores. Ces spores, quand elles atteignent un hôte convenable, germent et peuvent former une nouvelle colonie.

Bien que l'infection des champs d'hévéas soit surtout imputable à la propagation végétative du parasite, ainsi qu'il ressort des études faites dans diverses régions, on ne peut négliger totalement le rôle que peuvent jouer les spores dans l'extension du mal.

En effet, si elles semblent bien ne pas pouvoir infecter directement les hévéas, elles seraient capables, dans certaines conditions, de germer sur des souches et, par colonisation de ces substrats, d'étendre le nombre de foyers d'infection au départ d'une plantation.

Le problème de la fertilité des carpophores de *Fomes lignosus* fut l'un des points les plus controversés de la biologie du parasite.

Dès 1909, GALLAGHER [103] admettait la possibilité d'infection par les spores, bien que, selon lui, elle fut de loin moins importante que l'infection par propagation végétative souterraine à partir des souches.

BANCROFT [25] en 1912, puis BROOKS [60] en 1916, estimaient que la possibilité d'intervention des spores dans l'extension de l'infection était négligeable.

Après BELGRAVE [36] qui, en 1917, soutenait l'hypothèse de l'infection des souches par les spores du champignon, PETCH [197], en 1921, devait à son tour défendre l'idée suivant laquelle les spores intervenaient activement dans la distribution et l'extension des foyers d'infection. Selon lui, l'incidence de la maladie sur une grande quantité de souches dans un jeune défrichement ne pouvait s'expliquer que par l'action des spores. Contrairement à l'opinion que NAPPER devait émettre ultérieurement, suivant laquelle les seules souches des arbres parasités avant l'abattage jouaient un rôle dans la propagation des pourridiés, PETCH affirmait, avec des exemples à l'appui, que l'infection de certaines souches ne pouvait être induite que par l'action de spores amenées par le vent.

La plupart des auteurs devaient admettre par la suite que les carpophores de *Fomes lignosus* portent de grandes quantités de spores viables qui sont disséminées à la faveur de certaines circonstances climatiques. En Malaisie, il semblait que la formation abondante de carpophores et l'émission de spores correspondaient à la fin des saisons pluvieuses [174].

Des expériences récentes menées en Malaisie [16 b] ont prouvé définitivement la fertilité des carpophores de *Fomes lignosus*. Des carpophores de divers âges, récoltés durant 6 mois, ont produit en abondance des spores viables. Cette production de spores fut observée aussi bien sur des spécimens de petite taille (2,5 cm de diamètre) que sur des carpophores de grande taille (35 cm), dont l'un, âgé de plus de 6 mois et perforé par des insectes, était encore porteur de spores viables.

Les spores du *Fomes* peuvent germer aisément dans l'eau et sur agar; il n'y a donc pas de doute que, durant certaines périodes, les spores du champignon puissent être disséminées par le vent dans un défrichement et germer dans des conditions favorables.

Steyaert [267] considérait les fructifications comme de dangereux foyers de propagation qu'il convenait d'éliminer avec le maximum de rigueur. Le même auteur signalait avoir observé, fait très rare, une dissémination de spores au départ de carpophores situés sur une souche de *Blighia wildemaniana*.

En ce qui concerne le rôle que peuvent effectivement jouer ces spores dans l'extension du mal, on en est encore réduit à des hypothèses. On peut supposer que, dans les premières phases qui suivent un défrichement, les spores puissent jouer un rôle effectif au moment où quantité de souches encore vivantes sont susceptibles de constituer des substrats favorables pour une éclosion des spores et une progression du mycélium dans des tissus dépérissants.

Ultérieurement, lorsque la plupart des souches sont tuées, il est douteux que le mycélium issu des spores puisse coloniser des tissus morts. Or, comme il doit s'écouler un temps assez long, semble-t-il, avant l'apparition des carpophores sur des sujets tués à la suite d'un abattage, on peut se demander jusqu'à quel point les sporées sont aptes à coloniser des souches dont les surfaces exposées à l'air sont formées de tissus morts sur une épaisseur plus ou moins grande, ce qui ne constitue pas, comme on le sait, un substrat alimentaire pour le mycélium.

Des études complémentaires seront indispensables pour éclaircir les points suivants : durée nécessaire pour l'apparition des premiers carpophores après l'abattage [1], viabilité des spores en fonction des conditions de milieu, possibilité de colonisation de substrats morts ou vivants. De telles études seraient à même de fournir une réponse à la question de savoir si les spores participent effectivement, et dans quelle mesure, à l'infection potentielle d'un défrichement.

b) *Armillaria mellea.*

On sait que la phase générative du champignon est représentée par des fructifications que nous avons décrites précédemment (Part. I, chap. II, § 2).

Ces fructifications peuvent naître sur le *xylostroma* qui apparaît à travers l'écorce des hôtes parasités, ou encore sur les rhizomorphes qui constituent, comme on l'a vu, une expansion des pseudo-sclérotes formés dans les tissus ligneux de l'hôte.

---

(1) Il est évidemment possible que, dans certains cas, des carpophores existent déjà au moment de l'abattage, sur des sujets tués antérieurement par l'action du pourridié.



Fig. 98. — Contamination d'une racine d'hévéa au contact d'une racine forestière colonisée par *Fomes lignosus* (mycélium visible). (Photo PICHEL)



Fig. 99. — Contamination d'une racine d'hévéa au contact d'une racine infectée par *Fomes lignosus,* issue d'une souche forestière visible à la partie supérieure. Les rhizomorphes du parasite sont très apparents sur la racine de forêt. (Photo PICHEL)



Fig. 100. — Contamination de deux racines d'hévéa par contact intime avec des débris ligneux infectés. On notera la présence d'un abondant mycélium de *Fomes lignosus* sur le fragment ligneux situé à la partie inférieure.

(Photo Pichel)



Fig, 101. — Infection de deux hévéas voisins (l'un est à l'état de souche) par une même racine de forêt infectée.

(Photo Pichel)

En ce qui concerne le rôle que jouent les spores dans la propagation du parasite, il ne constituerait qu'une possibilité théorique, absolument négligeable en pratique.

ZELLER [334] affirmait en 1926 que les spores sont incapables d'infecter directement des hôtes vivants.

WALLACE [320] signalait en 1935 que la présence de carpophores d'*Armillaria* au Tanganyika et en Uganda était un fait très rare et que la probabilité de propagation au moyen de spores était extrêmement faible. La même constatation devait être faite par BUTLER [66] au Nyasaland.

Nous même, nous n'avons jamais pu trouver de carpophores d'armillaire en quantité notable dans les champs d'hévéas observés au Congo belge.

Il semble donc que, ici également, on puisse négliger de considérer comme probable une infection ou une propagation au moyen des spores.

Il est d'ailleurs admis que la spécialisation remarquable acquise par la propagation végétative de ce champignon a supplanté presque complètement l'autre moyen de multiplication.

§ 2. - MODE DE CONTAMINATION DES HÉVÉAS

Aussi bien à Yangambi qu'en Extrême-Orient, il fut possible de conclure à la responsabilité des débris ligneux infectés dans les cas de pourridiés affectant les hévéas.

Que ce soit *Fomes lignosus* ou *Armillaria mellea,* c'est au contact de fragments ligneux colonisés par ces parasites que s'infectent les racines d'hévéas.

A ce propos, on se souviendra que nos observations en forêt concluaient à la contamination des individus sains par contact radiculaire avec du matériel infecté.

Bien que nos observations nous aient convaincu de l'existence du même mode d'infection en ce qui concerne les hévéas, nous avons voulu réaliser une étude systématique sur des hévéas atteints de pourridiés, repérés dans un champ témoin.

Afin de rechercher l'origine de l'infection ou de la contamination, les pivots des arbres repérés furent complètement dégagés et les racines suivies une à une.

Le tableau VI résume les observations réalisées sur une centaine d'hévéas atteints par les parasites radicicoles. Ces hévéas, âgés de 4 ans au moment de l'examen individuel, avaient été établis sur défrichement forestier récent.

Les figures 98 à 101 illustrent quelques-uns des cas observés de contamination ou d'infection des hévéas par contact de débris ligneux infectés, enfouis dans le sol.

Pour les 100 hévéas observés, on dénombrait un total de 980 racines, dont 48 étaient infectées et 385 contaminées. Le tableau VI montre à suffisance la part importante prise par les souches dans la contamination directe des hévéas, notamment en ce qui concerne les cas de contamination et d'infection des racines, ainsi que les cas mortels : respectivement 65,2 - 79,2 et 65 % des cas observés.

Tableau VI. – Résultats d'un examen portant sur la nature des sources d'infection ou de contamination

(Hévéas de 4 ans - Défrichement de 5 ans)

Cas observés		Sources d'infection indéterminées		Infection par souches		Infection du pivot par racines d'hévéas	
Gravité et localisation	Nombre	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Mortalité	20	7	35,0	13	65,0	—	—
Pivot infecté	6	0	—	2	33,3	4	66,7
Racines infectées	48	10	20,8	38	79,2	—	—
Pivot contaminé	58	4	6,9	11	19,0	43	74,1
Racines contaminées	385	134	34,8	251	65,2	—	—

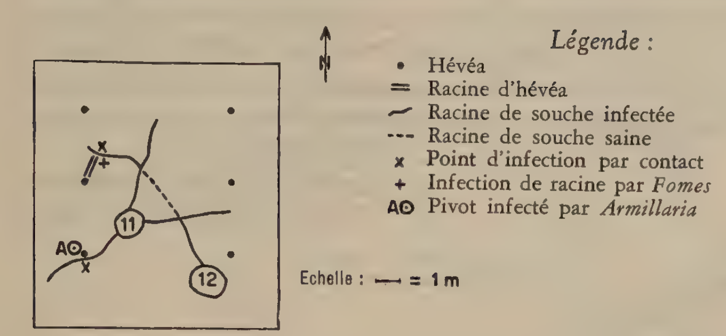
Pour les cas d'infection et de contamination du pivot, les pourcentages de 33,3 % et 19,0 % imputables à l'action des souches n'intéressent que les seuls cas de contact direct de ces souches avec le pivot.

En fait, les souches sont responsables d'une bien plus forte proportion des cas d'atteinte du pivot, et ce par l'intermédiaire des racines d'hévéa, lesquelles, après contamination au contact de débris ligneux infectés, propagent le mal jusqu'au pivot des arbres.

Ceci ressort très bien des valeurs calculées pour les cas d'atteinte du pivot provoqués par les racines d'hévéa, et qui interviennent pour 66,7 et 74,1 % respectivement dans les cas d'infection et de contamination des pivots.

Dans le cadre de la recherche détaillée ci-dessus, nous avons donc pu mettre en évidence le rôle prépondérant joué par les fragments de bois infecté dans l'extension des pourridiés aux hévéas d'une plantation. Il est vraisemblable que la majorité des sources que nous avons qualifiées d'«indéterminées» étaient en fait constituées de débris ligneux d'un stade tellement avancé de

Essai Fomes Division de l'Hévéa.
Placeau d'observation n° 42.

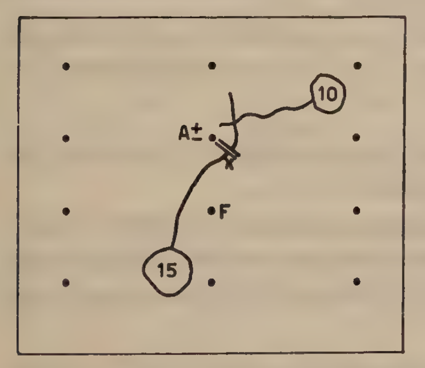


ETAT SANITAIRE DES SOUCHES

N° de référence	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Etat sanitaire	Observations
11	Oloko	*Blighia wildemaniana*	Infection par *Armillaria* et *Fomes*	Racines entières infectées
12	Oloko	*Blighia wildemaniana*	Infection par *Fomes*	Présence de carpophores

Fig. 102. — Exemple d'infection de deux hévéas par contact avec des racines de souches infectées.

Essai Fomes Division de l'Hévéa.
Placeau d'observation n° 7.



N

Légende :

- Hévéa
- Racine d'hévéa
- Racine de souche
- Point d'infection par contact
- A+ Racine infectée par *Armillaria*
- Racine contaminée par *Fomes*
- F Cas incurable

Echelle : = 1 m

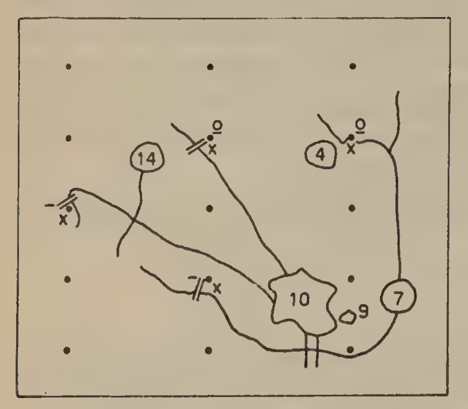
N. B. — L'hévéa marqué F est encore vivant et porte des carpophores de *Fomes*. La source d'infection a disparu (racine pourrie de la souche 15).

ETAT SANITAIRE DES SOUCHES

N° de référence	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Etat sanitaire	Observations
10	Ofili	*Scorodophloeus zenkeri*	Sain	—
15	Angwa bele	*Celtis mildbraedii*	Infection par *Fomes* et *Armillaria*	Racines en voie de décomposition

Fig. 103. — Exemple de contamination et d'infection d'un hévéa par contact avec une racine de forêt hébergeant les deux parasites.

Essai Fomes Division de l'Hévéa.
Placeau d'observation n° 40.



Légende :

- • Hévéa
- ═ Racine d'hévéa
- ~ Racine de souche infectée
- x Point d'infection par contact
- o Contamination de pivot et de racine
- - Contamination de racine

Echelle : ⟼ = 1 m

ETAT SANITAIRE DES SOUCHES

N° de référence	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Etat sanitaire	Observations
4	Ofili	*Scorodophloeus zenkeri*	Sain	Racines entières
7	Liala	*Maba* sp.	Contaminat. *Fomes*	Mycélium sur racines
9	Ofili	*Scorodophloeus zenkeri*	Sain	Racines entières
10	Okolondo	*Klainedoxa gabonensis*	Infection *Fomes*	Racines entières
14	Akwakwa	*Pterygopodium oxyphyllum*	Infection *Fomes*	Racines entières

Fig. 104. — Contamination d'hévéas par contact avec des souches contaminées ou infectées.

décomposition qu'il n'était plus possible de les découvrir à l'occasion des travaux de dégagement des systèmes radiculaires (1).

A titre documentaire, nous donnons quelques schémas (fig. 102 à 105) établis sur le terrain (2), qui fournissent des exemples concrets du rôle joué par les souches d'un défrichement dans la contamination par contact des hévéas.

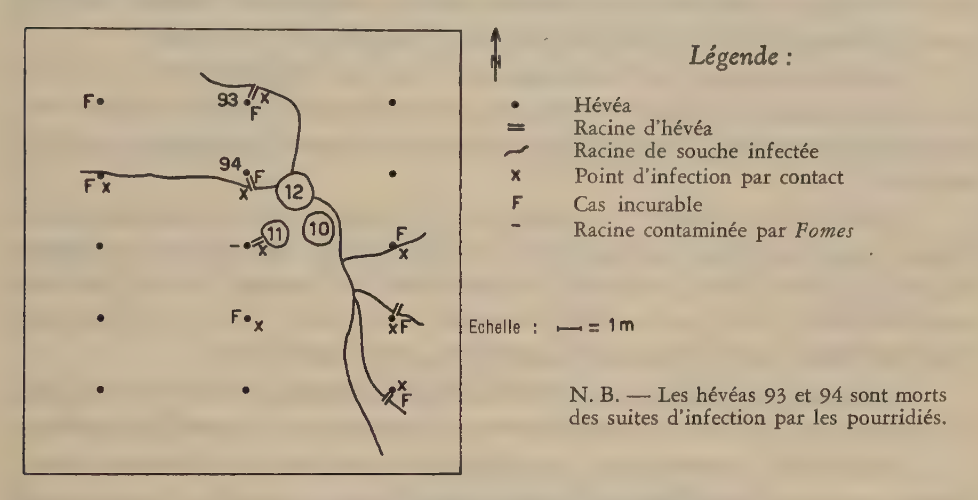
Aucune observation faite jusqu'ici ne permet de croire que l'infection directe des hévéas puisse se réaliser au moyen de spores. Par contre, il n'est pas impossible que les sporées puissent participer à la création de foyers secondaires d'infection dans les jeunes défrichements. Dans ce cas, elles interviendraient de manière indirecte dans la contamination des hévéas.

(1) Lors des dégagements réalisés, on trouve des débris infectants à tous les stades, depuis une structure encore normale du bois jusqu'à des fragments informes, presque complètement pourris, qui se distinguent à peine du sol environnant. On conçoit que nombre de ces dernières sources nous aient échappé lors des travaux de dégagement, malgré les soins apportés à leur réalisation.

(2) Monsieur Fassi, Assistant de la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC, a participé à la réalisation de ces schémas.

La propagation par voie générative, si elle est active, n'intéresse en tout cas que le *Fomes lignosus* et, à un degré moindre, le *Ganoderma pseudoferreum*. Il n'a été que rarement possible jusqu'ici de trouver des carpophores d'*Armillaria mellea* sur défrichement récent ou dans des champs d'hévéas : la propagation de ce parasite serait donc exclusivement assurée, dans nos conditions, par voie végétative, à partir de matériel ligneux infecté.

Essai Fomes Division de l'Hévéa.
Placeau d'observation n° 54.



ETAT SANITAIRE DES SOUCHES

Nº de référence	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Etat sanitaire	Observations
10	Ofili	*Scorodophloeus zenkeri*	Sain	—
11	Ofili	*Scorodophloeus zenkeri*	Infection *Fomes*	Racines entières - carpophores
12	Oloko	*Blighia wildemaniana*	Infection *Fomes*	Racines entières - carpophores

Fig. 105. — Contamination et infection d'hévéas par contact avec des souches infectées par *Fomes lignosus*.

§ 3. - RELATION ENTRE LA CONTAMINATION ET L'INFECTION DES HÉVÉAS

Qu'il s'agisse du *Fomes* ou de l'armillaire, nous avons envisagé deux aspects distincts de l'action de ces parasites sur l'hévéa. Nous avons considéré en premier lieu la contamination qui s'établit dès que les organes de propagation du parasite sont en contact avec l'hévéa. Nous songeons surtout ici à la présence des formations mycéliennes (rhizomorphes) sur les racines.

Dans cette première phase, nous considérons donc que l'arbre « contaminé » n'est pas encore malade. Cet aspect des pourridiés sur l'hévéa peut d'ailleurs se maintenir longtemps tel quel, comme il peut évoluer dans deux sens très différents. La contamination peut en effet régresser jusqu'à disparition complète du mycélium envahisseur, comme elle peut dans certains cas constituer le point de départ d'une infection de l'hôte. Celle-ci s'établit dès qu'il y a pénétration des organes sains de l'hévéa par le parasite.

Ce second aspect des pourridiés, caractérisé par la présence de lésions plus ou moins importantes sur diverses parties possibles du système radiculaire, nous permettra de qualifier les hévéas infectés de « malades ».

La contamination de l'hévéa par le *Fomes* est fréquemment observée; on connaît assez la faculté du parasite de développer superficiellement ses rhizomorphes sur des portions radiculaires importantes prises comme simple support.

Nous n'avons jamais pu observer, par contre, la contamination de l'hévéa par *Armillaria mellea*. Il faut en déduire que cette phase est fugace et que le contact établi entre le rhizomorphe du parasite et son hôte est immédiatement suivi par la pénétration de ce dernier. C'était en tout cas l'opinion émise par THOMAS et CAMPBELL aux Etats-Unis.

Ceci explique pourquoi nous parlerons de contamination et d'infection des hévéas par le *Fomes* et uniquement d'infection par *Armillaria mellea*.

Il était utile, à notre sens, de définir l'acceptation de ces termes, étant donné que nous les utiliserons fréquemment dans ce travail et notamment lors des études portant sur l'évolution des cas d'attaque de pourridiés au cours du temps.

§ 4. - MODES D'EXTENSION DES MALADIES RADICULAIRES EN PLANTATION

Il n'est pas rare d'entendre parler de la propagation des pourridiés en taches extensibles au fur et à mesure que les plantations avancent en âge.

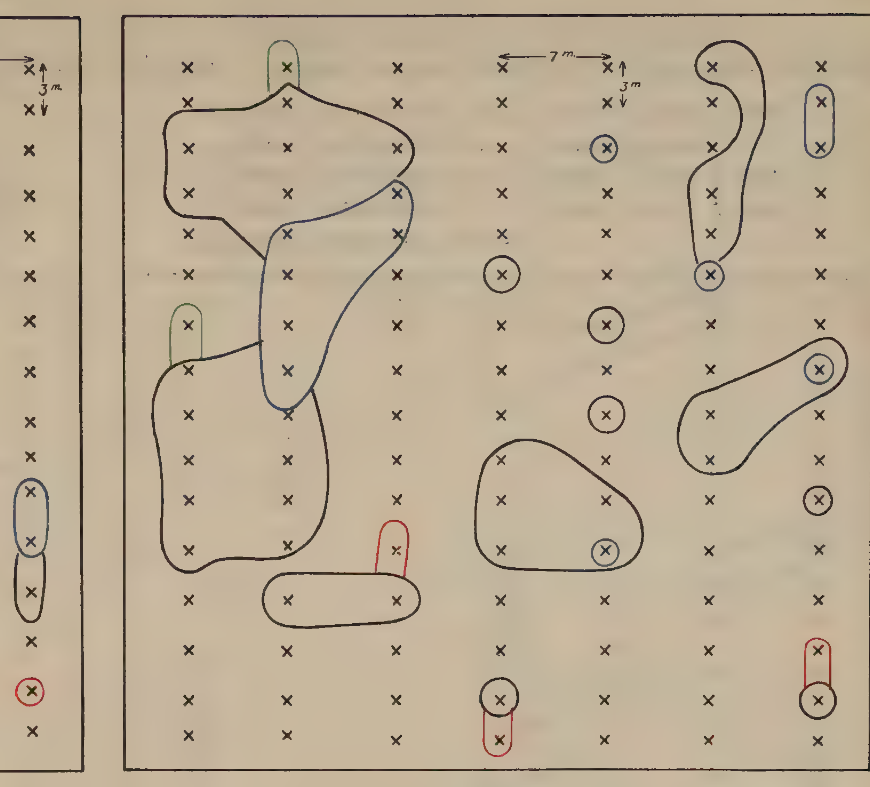
En fait, on peut admettre que divers modes d'extension interviennent à différents stades d'une plantation, en fonction non seulement de l'âge mais aussi du dispositif de plantation.

Au début, l'observation des cas pathologiques révèle une extension qui pourrait être qualifiée de sporadique et qui correspond vraisemblablement à l'action directe des foyers primaires d'infection dispersés dans le défrichement.

La formation de taches, qui intervient ultérieurement, se déclenche probablement en fonction de l'activité des foyers secondaires, ceux-ci pouvant intéresser des espèces du recru naturel ou même des hévéas situés autour des foyers primaires. Avec l'âge, l'enchevêtrement des systèmes radiculaires des hévéas peut être la cause d'une propagation plus aisée du mal, laquelle peut

X Emplacement des hévéas.
Limite d'extension à la 5ᵉ ronde : 3 ans 2 mois
Limite d'extension à la 6ᵉ ronde : 3 ans 6 mois
Limite d'extension à la 7ᵉ ronde : 4 ans
Limite d'extension à la 8ᵉ ronde : 4 ans 4 mois

Fig. 106. — Schéma de l'extension des pourridiés dans une jeune plantation établie à 7 × 3 m d'écartement.



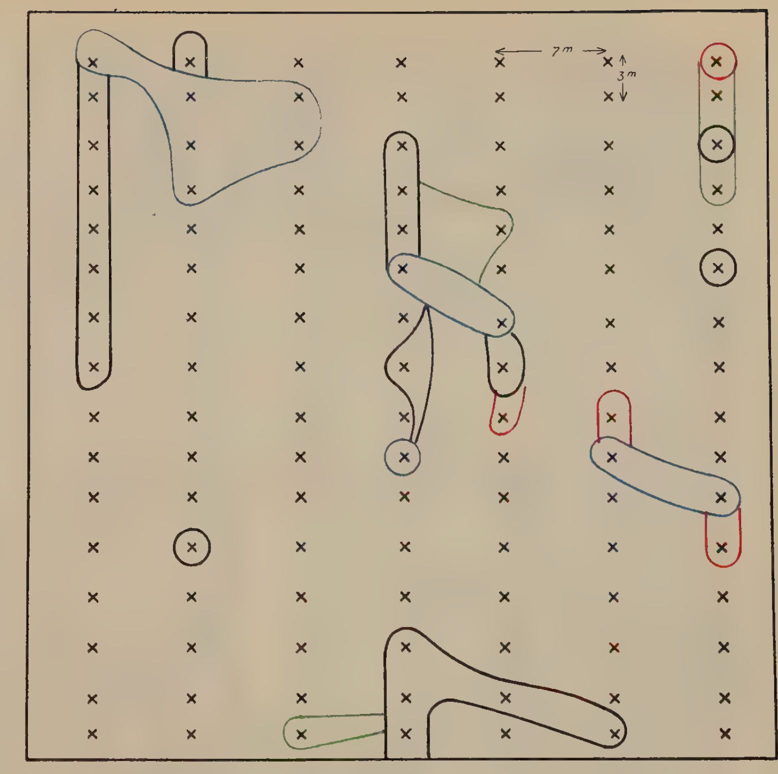
X Emplacement des hévéas.
Limite d'extension à la 5ᵉ ronde : 3 ans 2 mois
Limite d'extension à la 6ᵉ ronde : 3 ans 6 mois
Limite d'extension à la 7ᵉ ronde : 4 ans
Limite d'extension à la 8ᵉ ronde : 4 ans 4 mois

Fig. 107. — Schéma de l'extension des pourridiés dans une jeune plantation établie à 7 × 3 m d'écartement.

7m.
3m.

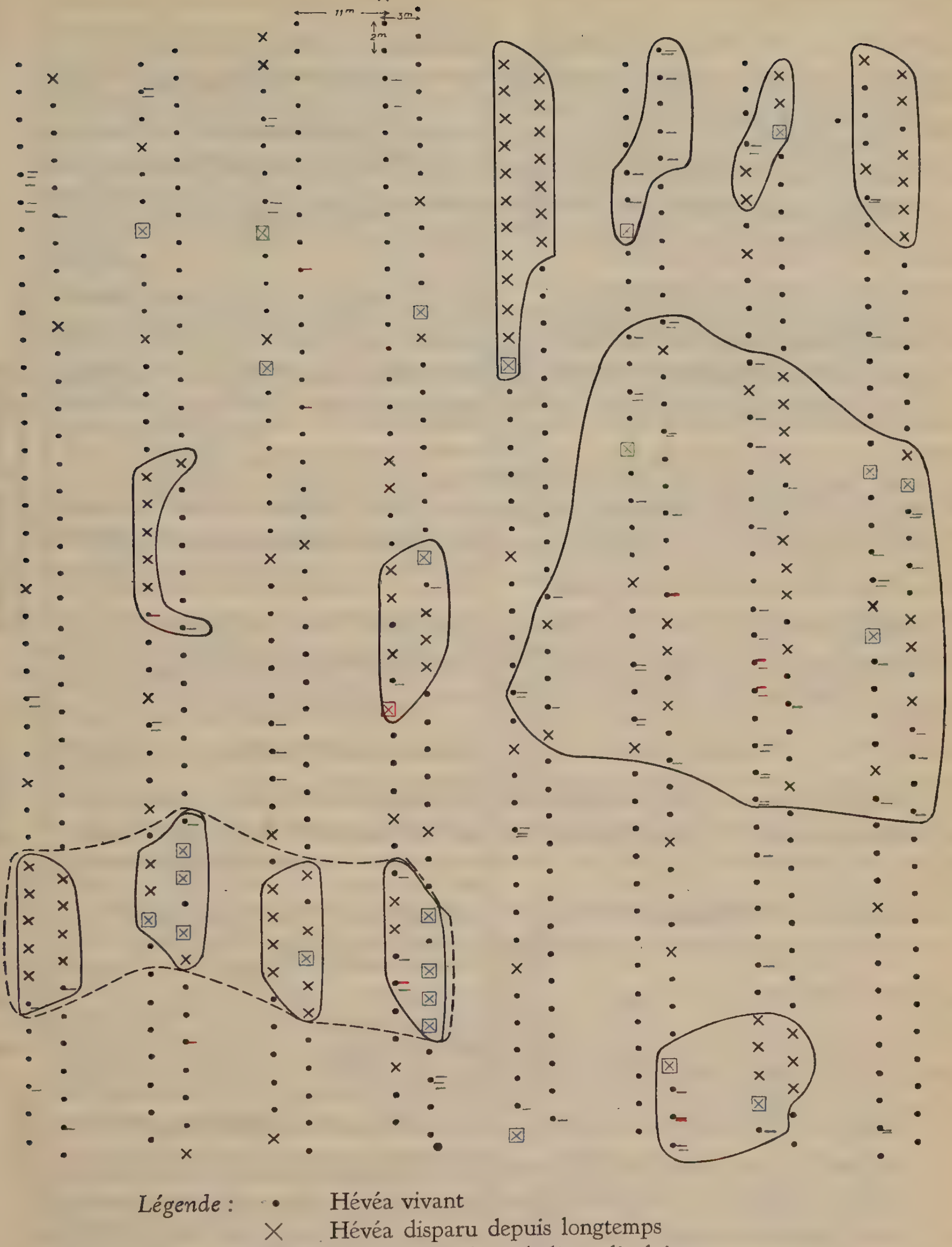
X Emplacement des hévéas.
— Limite d'extension à la 5ᵉ ronde : 3 ans 2 mois
— Limite d'extension à la 6ᵉ ronde : 3 ans 6 mois
— Limite d'extension à la 7ᵉ ronde : 4 ans
— Limite d'extension à la 8ᵉ ronde : 4 ans 4 mois

Fig. 108. — Schéma de l'extension des pourridiés dans une jeune plantation établie à 7 × 3 m d'écartement.



X Emplacement des hévéas.
— Limite d'extension à la 5ᵉ ronde : 3 ans 2 mois
— Limite d'extension à la 6ᵉ ronde : 3 ans 6 mois
— Limite d'extension à la 7ᵉ ronde : 4 ans
— Limite d'extension à la 8ᵉ ronde : 4 ans 4 mois

Fig. 109. — Schéma de l'extension des pourridiés dans une jeune plantation établie à 7 × 3 m d'écartement.



Légende : • Hévéa vivant

× Hévéa disparu depuis longtemps

☒ Hévéa mort de maladie radiculaire.

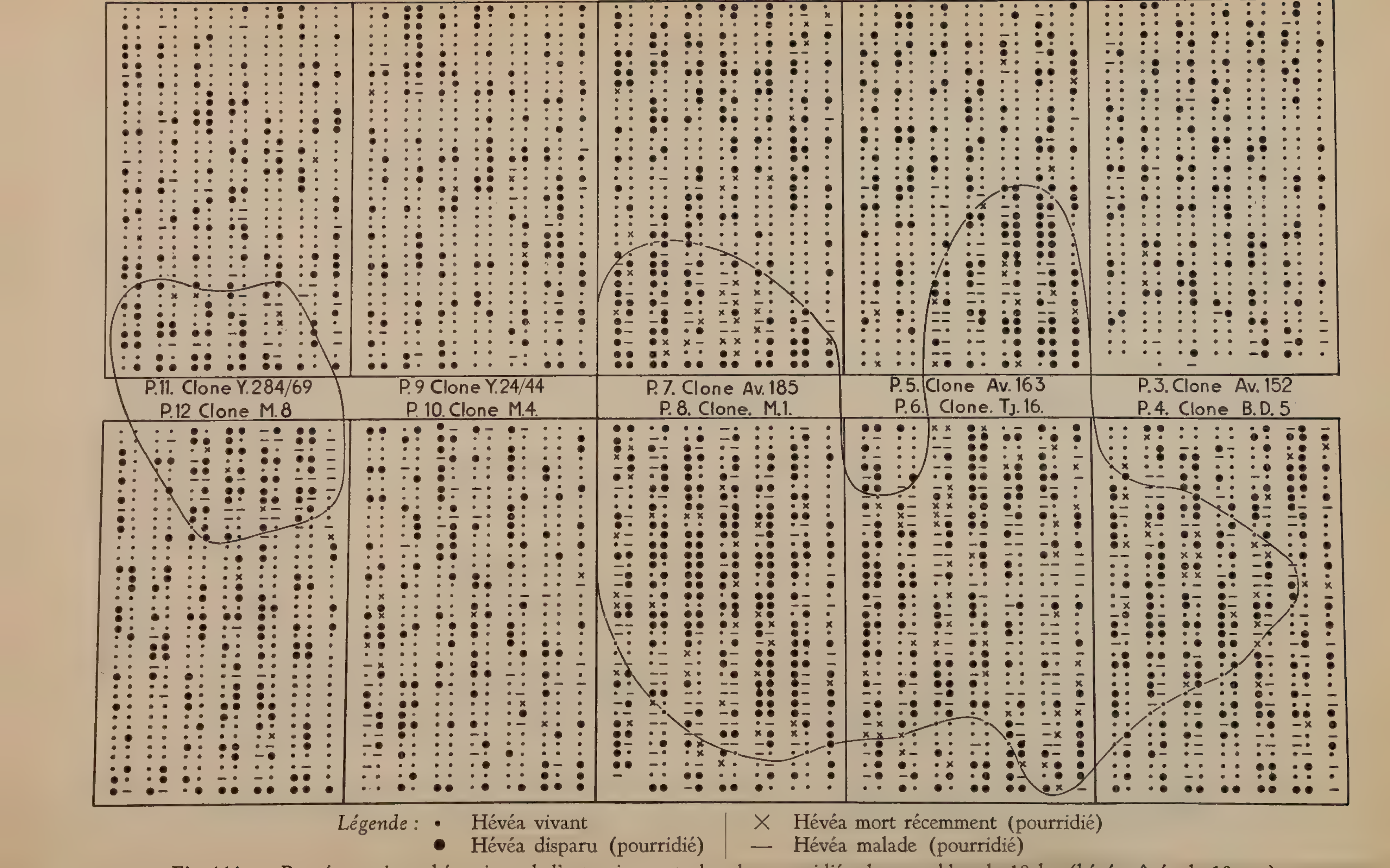
— Malade à la 1e ronde : 4 ans

— Malade à la 2e ronde : 4 ans 4 mois

— Malade à la 3e ronde : 4 ans 8 mois

— Malade à la 4e ronde : 5 ans.

Fig. 110. — Schéma de l'extension des maladies radiculaires dans une plantation d'hévéa établie en lignes couplées (parcelle de 1 ha).


P.11. Clone Y.284/69
P.12 Clone M.8
P.9 Clone Y.24/44
P.10. Clone M.4.
P.7. Clone Av.185
P.8. Clone. M.1.
P.5. Clone Av.163
P.6. Clone. Tj.16.
P.3. Clone Av.152
P.4. Clone B.D.5
Légende : • Hévéa vivant
● Hévéa disparu (pourridié)
× Hévéa mort récemment (pourridié)
— Hévéa malade (pourridié)

se traduire par une extension en taches typiques ou même en lignes, suivant le dispositif de plantation adopté. De fait, une propagation en taches serait logiquement plus probable dans une plantation d'hévéas établie en équidistance absolue. Dans les dispositifs admettant des interlignes de plus en plus larges, corrélatifs d'un resserrement des distances intra-lignes (type de plantations en allées par exemple), il semble que la propagation dans les lignes soit favorisée.

En effet, un rapide examen de quelques dispositifs classiques de plantation montre que, dans une plantation en allées où les lignes sont parfois espacées de 12 mètres et plus, la probabilité de contact des racines d'un hévéa à l'autre est plus forte dans une même ligne où les hévéas sont voisins, que d'une ligne à l'autre.

Le problème de l'extension des pourridiés, en taches ou en lignes, est en fait très difficile à éclaircir, car on rencontre couramment les deux possibilités dans l'examen de schémas intéressant l'incidence du mal dans divers dispositifs de plantation.

Nous avons jugé utile de joindre, à l'appui de ces considérations, divers schémas d'extension des pourridiés dans deux types de plantations : la première établie en équidistance à 7 × 3 m, la seconde en lignes jumelées à (11 + 3) × 2 m (1).

1) *Dispositif : 7 × 3 m.*

   Les figures 106 à 109 représentent l'extension du mal en un peu plus d'une année, de 3 ans et 2 mois à 4 ans et 3 mois, dans un champ établi par non-incinération.

   A l'échelle de ces parcelles expérimentales, de surface réduite (0,25 ha), on constatera l'apparition de cas sporadiques et l'extension du mal en lignes et en taches.

2) *Dispositif en lignes jumelées : (11 + 3 m) × 2 m.*

   On peut juger, par l'examen de la parcelle représentée à la fig. 110, qu'il y a une extension en taches, l'une de celles-ci semblant notamment résulter de la confluence d'une série de foyers se propageant suivant les couples.

A l'échelle de petites parcelles (jusque 1 ha), il n'est pas toujours possible de déceler des modes d'extension caractéristiques ni surtout de mettre en évidence des taches en voie d'extension. En fait, il faut souvent recourir à des plantations assez étendues, dont la cartographie permet de juger de l'existence possible de ces taches.

---

(1) Dans les dispositifs en lignes équidistantes ou en allées, le premier chiffre indique toujours la largeur de l'interligne, le second précisant l'écartement des hévéas dans la ligne. Pour les plantations en lignes jumelées, l'indication (11 + 3) signifie que les grands interlignes sont de 11 mètres et les petits interlignes de 3 mètres.

Celles-ci, parfois de grandes dimensions (plusieurs ha), peuvent en effet affecter plusieurs parcelles.

On a pu s'en rendre compte par la cartographie d'un bloc de 14 ha dont une partie caractéristique de 10 ha est représentée schématiquement à la figure 111. Il existe dans ce bloc deux taches très importantes, l'une couvrant près de 3 ha et l'autre un demi ha.

Ainsi, on peut conclure qu'à un certain âge, et pour autant qu'on examine des parcelles suffisamment étendues, c'est la propagation en taches qui semble bien la plus caractéristique. A l'échelle plus réduite, divers cas sont possibles et la caractérisation du mode d'extension du mal n'est pas toujours aussi aisée.

CHAPITRE IV

PARASITISME DE *FOMES LIGNOSUS* ET D'*ARMILLARIA MELLEA*

§ 1. - DEGRÉ DE PARASITISME

1. - *FOMES LIGNOSUS.*

En 1928, Weir [327] écrivait que « les études sur le parasitisme de *Fomes lignosus,* conduites en conditions contrôlées ou en champ, montrent que ce champignon est fortement parasite et est capable de causer la mort d'un hévéa de six mois sans le concours supplémentaire d'aucun autre organisme ».

Les conclusions des expériences de De Jong [90], menées en 1933, suivant lesquelles « le *Fomes* ne serait que faiblement parasite pour l'hévéa », sont démenties par l'expérience actuellement acquise. Les conclusions de l'auteur précité étaient notamment basées sur le fait que certaines attaques pouvaient régresser jusqu'à cicatrisation des lésions produites, et ce, sans qu'aucun traitement ne soit nécessaire.

En fait, nous verrons que le *Fomes* — à la suite d'études portant sur l'évolution des cas de contamination ou d'infection — doit être considéré comme un parasite dangereux répondant à la définition qu'en donnait Weir.

2. - *ARMILLARIA MELLEA.*

L'*Armillaria mellea* est connu partout depuis longtemps comme saprophyte commun du sol et comme parasite de beaucoup d'espèces ligneuses (Dade, 1927; Reitsma, 1923; Wallace, 1935; Mac Donald, 1951).

Si la plupart des auteurs semblent d'accord sur la capacité d'*Armillaria mellea* de vivre en saprophyte, il n'en est plus de même à propos de son potentiel parasitaire. De fait, on a émis des opinions très différentes sur la virulence et la pathogénéité de ce champignon. Certains auteurs l'ont considéré comme parasite secondaire ou encore comme parasite de blessure, cependant que d'autres affirmaient qu'il était capable de parasiter des arbres sains situés en bonnes conditions (Gard, Dade, Leach, Wallace),

Leach, en 1934, devait fournir, par ses essais au Nyasaland, la preuve formelle que l'armillaire était bien un parasite réel du théier. Au Congo belge enfin, il s'est avéré que ce champignon était capable de parasiter diverses

espèces situées dans des conditions qui excluaient toute intervention nuisible initiale de facteurs écologiques ou biologiques.

A notre avis, les opinions contradictoires enregistrées jusqu'ici à l'égard du potentiel parasitaire de l'armillaire peuvent s'expliquer par les diverses raisons suivantes :

1) Diverses espèces végétales sont dotées de degrés de susceptibilité très différents. On a reconnu, par exemple, que le caféier était moins susceptible que le cacaoyer dans les régions où les deux cultures coexistaient (WALLACE).

   Ainsi, certains auteurs ont pu être amenés, avec raison d'ailleurs, à rechercher l'influence de certains facteurs du milieu pour expliquer l'incidence assez forte de l'*Armillaria* sur des cultures habituellement indemnes ou du moins peu affectées par le pourridié.

2) Il existe des souches physiologiques différentes d'*Armillaria mellea*. WALLACE, en 1935, suggérait déjà cette possibilité pour expliquer certaines de ses observations sur des caféiers infectés par des souches de *Grevillea*. CHILDS et ZELLER [72], aux Etats-Unis, ont étudié deux souches physiologiques d'*Armillaria mellea*, l'une issue des racines de conifères établis sur sols vierges, l'autre vivant sur des souches de chêne après défrichement (1). La première était saprophytique, tandis que la seconde se révélait parasite pour le pommier.

3) Les observations que l'on peut recueillir dans la bibliographie sont évidemment réalisées dans des régions différentes et sur des hôtes divers. On conçoit que, suivant la culture envisagée et le milieu particulier, les études du degré de parasitisme du champignon ont abouti à des conclusions parfois très différentes de ce qui fut déduit pour d'autres milieux.

On peut donc conclure que l'*Armillaria mellea* est un parasite vrai. Il est vraisemblable que ce parasitisme, mis en évidence sur des plantes de culture en excellent état végétatif, puisse infecter d'autant plus aisément des individus affaiblis pour l'une ou l'autre cause. C'est la raison pour laquelle, en divers endroits, on a invoqué l'action de facteurs écologiques ou biologiques pour expliquer l'incidence du pourridié à *Armillaria*.

§ 2. - MODE DE PÉNÉTRATION DE L'HÔTE

1. - *FOMES LIGNOSUS.*

On a reconnu que le *Fomes lignosus* était capable de parasiter un hôte par pénétration directe de l'écorce vivante et saine. Les rhizomorphes, à la surface de contact avec l'hôte, peuvent émettre des hyphes qui pénètrent l'écorce et ensuite le bois.

(1) Aux E.-U., l'armillaire est associé de manière tellement typique à ce type de défrichement qu'il est communément appelé « oak fungus ».

La pénétration est donc indépendante de la présence de blessures; celles-ci ne furent jamais signalées, en tout cas, comme favorisant l'infection de l'hôte par le parasite. Au contraire, certains auteurs ont prétendu que les blessures, devenant rapidement septiques, constituaient un milieu peu favorable à la croissance du mycélium du champignon, du fait de la présence de saprophytes antagonistes dans les plaies.

2. - *ARMILLARIA MELLEA.*

La façon dont l'*Armillaria mellea* procède pour parasiter ses hôtes est une question qui a suscité depuis longtemps de nombreuses controverses parmi les chercheurs de tous pays. Dès le début, les forestiers allemands devaient essayer de déterminer si l'invasion des racines d'un hôte s'effectuait grâce à des blessures ou, au contraire, par pénétration de l'écorce saine.

Hartig [117] (1) établit, en 1894, que les rhizomorphes étaient capables de pénétrer dans des racines saines de conifères (2). Peu de temps après, il admettait, après des études sur le chêne, que l'armillaire était un parasite de blessures, incapable de pénétrer dans des tissus sains ,surtout si ces derniers étaient en voie de croissance active.

Un travail ultérieur de Hartig, en 1901, lui fit à nouveau modifier son point de vue à l'égard du chêne; il concluait que le champignon n'était ni parasite du chêne sain ni même parasite de blessures.

Ces premières observations contradictoires mettaient en évidence la difficulté de résoudre la question et ne constituaient que le début d'une longue série d'études dont les conclusions devaient, à leur tour, tantôt confirmer tantôt infirmer l'opinion suivant laquelle l'*Armillaria* pouvait pénétrer dans des racines saines. Une énumération détaillée de tous les travaux sur cette question serait longue et inutile (3).

---

(1) Hartig fut le premier à établir, en 1874, que l'*Agaricus melleus* (*Armillaria mellea*) était la cause d'une sérieuse maladie radiculaire des conifères.

(2) Hartig, R., Die Ausschlagfahigkeit des Eichenstocke und deren Infection durch Agaricus melleus. Forstlich-naturw., Ztschr., III, p. 428 (1894).

(3) Parmi les auteurs qui défendaient la pénétration de l'hôte à la faveur de blessures, citons :

Brefeld, à la suite de ses essais d'inoculation sur des racines de pin écossais, mit en évidence que les rhizomorphes, quand ils rampent sur une racine, forment des branches latérales qui pénètrent directement dans la racine à la faveur de petites lésions dans les tissus corticaux. Cfr Brefeld, O., Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze, III, Heft, Basidiomyceten I, Leipzig (1877).

Cieslar (1896), Wagner (1899) et Nechleba (1915) concluaient de leurs travaux que la pénétration des racines par *Armillaria* s'opérait à la faveur de blessures.

Hiley (1919), qui étudia le pourridié sur le mélèze en Angleterre, et Samofal (1926), qui observa les forêts de résineux en Ukraine, défendaient tous deux le point de vue suivant lequel les rhizomorphes ne pouvaient pénétrer que dans des écorces endommagées. Zeller [334] se ralliait à cette même conception et signalait que le mycélium d'*Armillaria* pénétrait fréquemment au point d'apparition des racines latérales, grâce à la rupture du parenchyme cortical provoquée par la poussée radiculaire. La découverte de plusieurs cas d'infection sur des racines de pommiers apparemment indemnes de toute lésion incita l'auteur à réaliser des observations complémentaires au terme desquelles il devait suggérer une explication originale. Selon Zeller, le parasite émet des substances toxiques qui sont capables de provoquer des nécroses superficielles sur l'écorce saine; dans ces plages nécrosées, les tissus réagissent en formant du liège dans la zone sous-jacente à la partie nécrosée. Ce processus de désorganisation cellulaire superficielle suivie de formation de liège sous-jacent se répète plusieurs fois et le parasite finit par atteindre le cambium.

Zeller voyait d'ailleurs une confirmation de l'existence de ces substances toxiques dans les effets qui se marquent fréquemment dans la couronne des arbres attaqués et qui se traduisent par une fanaison affectant les branches situées immédiatement au-dessus de la zone d'attaque radiculaire.

La toute première indication d'une influence toxique sur l'écorce consisterait dans l'apparition d'une plage brunâtre dans le parenchyme extérieur de l'écorce. L'action persistante des toxines du champignon aboutirait à la création d'une véritable plaie chancreuse grâce à laquelle le mycélium accède jusqu'au parenchyme interne et au cambium.

Encore tout récemment, en 1951, des auteurs admettaient l'influence des plaies dans la pénétration d'un hôte par le parasite [143 et 146].

Finalement, devait prévaloir l'opinion suivant laquelle la pénétration du parasite pouvait s'opérer à travers des tissus sains (1).

Day [85] devait fournir en 1927 une description assez précise du processus d'invasion des tissus radiculaires des conifères par les rhizomorphes; il discutait même de leur degré de susceptibilité à l'attaque. Les conclusions de Day, établies à partir de l'étude de racines infectées naturellement en forêt, peuvent se résumer succinctement comme suit :

— L'attaque se réalise uniquement au moyen de rhizomorphes.

— L'attache du rhizomorphe sur l'écorce est différente du processus de pénétration. L'attache est réalisée dès que le rhizomorphe croît dans les cellules externes, mortes, du liège.

— Le champignon exerce une influence toxique sur les tissus de l'hôte comme prélude à la pénétration. Celle-ci se réalise donc par dissolution du liège. L'influence toxique précède toujours l'avance du rhizomorphe. Enfin, une réaction de la plante se manifeste par la formation de couches de liège secondaires.

— Le parasite pénètre dans des écorces saines.

— Les variations observées dans la susceptibilité à l'attaque parmi diverses espèces vivantes de conifères ne correspondent pas aux taux de mortalité qui succèdent aux attaques. Il faudrait y voir l'influence des facteurs du milieu.

Thomas [276], qui devait apporter une contribution décisive à ce problème, publia en 1929 une note dans laquelle il envisageait le mode de pénétration et le développement ultérieur d'*Armillaria mellea* dans diverses racines et tubercules d'hôtes résistants ou susceptibles.

Thomas affirmait que l'invasion de la racine est réalisée par pénétration directe d'une branche du rhizomorphe principal à travers l'écorce saine de l'hôte. La méthode de pénétration est identique pour tous les hôtes, qu'ils soient susceptibles ou résistants.

L'auteur précise que la branche de rhizomorphe pénètre comme une unité et qu'il n'a jamais observé d'hyphes simples, pénétrant d'abord l'écorce, ainsi que l'avait décrit Horne. Après pénétration dans des racines d'hôtes susceptibles, les rhizomorphes croissent rapidement et causent une destruc-

---

(1) Cette opinion fut déjà défendue en 1884 par De Bary, qui établit la pénétration des rhizomorphes dans l'écorce saine des conifères. Kusano, au Japon, en recherchant l'action d'*Armillaria mellea* sur une orchidée avec laquelle il formait une mycorhize, établit que les rhizomorphes du champignon s'attachaient à la surface du tubercule, puis envoyaient des branches infectantes directement au travers des tissus. Selon Kusano, cette pénétration se réalise par dissolution des cellules subérisées, ce qui permet au mycélium d'atteindre les cellules vivantes sous-jacentes. Cet auteur décrivit le même mode d'attaque de l'armillaire sur les tubercules de la pomme de terre. (Kusano, S., *Gastrodia elata* and its symbiotic association with *Armillaria mellea*).

Barss et Horne, respectivement en 1913 et 1914, admettaient la pénétration du parasite dans des écorces saines sans toutefois disposer d'observations microscopiques précises. Le premier auteur cité croyait d'ailleurs aux deux possibilités d'infection, sur écorces saine et blessée, tandis que le second admettait que la pénétration se réalisait, non par un rhizomorphe entier, mais par les filaments individuels qui constituaient l'extrémité d'un rhizomorphe. Le contact du rhizomorphe avec une racine provoquait, d'après Horne, l'individualisation des filaments mycéliens qui s'immisçaient alors dans l'écorce. Cfr Barss, H. P., Mushroom Rootrot of trees and small fruits. Oregon Exp. St. Bun. crop. Pest and Hort. Rept 1911-1912, p. 226 (1913). — Horne, W. J., The oak fungus diseases of fruit trees. California State Comm. Hort. Mo. Bull. 3, p. 275 (1914).

tion générale des tissus. Dans les tissus d'hôtes résistants, le parasite pénètre aisément mais ne peut croître ni même s'établir à demeure; les lésions produites sont bientôt envahies par du liège et se cicatrisent.

La capacité de résistance d'un hôte ne serait pas induite par des particularités structurales ou morphologiques, mais par une réaction vitale antagoniste dont la nature est encore inconnue.

Cette première mise au point, synthétique, devait être suivie en 1934 par une autre publication de THOMAS [277] qui apportait de nouveaux éléments, extrêmement précieux pour une compréhension plus complète du processus de pénétration et de colonisation de l'hôte par le parasite. Les expériences menées par THOMAS devaient aboutir à des conclusions définitives, notamment en ce qui concerne la pénétration de l'hôte. Les manifestations de résistance devaient également retenir son attention, puisqu'il réalisa des essais destinés à rechercher une méthode simple, capable de tester la résistance ou la susceptibilité des hôtes du champignon. Il est d'un intérêt tout particulier de rappeler les éléments essentiels de cette contribution fondamentale dans les recherches biologiques intéressant l'*Armillaria mellea*.

— L'attache du rhizomorphe est réalisée en partie par une substance mucilagineuse entourant le rhizomorphe juste derrière la zone de croissance apicale et en partie par des hyphes provenant du sommet du rhizomorphe qui pénètrent dans les couches subéreuses externes, réalisant ainsi un ancrage [1].

— Le rhizomorphe, fermement attaché à la surface de la racine, émet alors des ramifications qui constituent les rhizomorphes de pénétration.

— La pénétration se réalise par une branche de rhizomorphe qui s'étend dans le tissu subéreux, détruisant les cellules principalement par action mécanique. Une action chimique n'est cependant pas à exclure, car on peut voir du tissu sous-jacent désorganisé, probablement sous l'action de substances qui diffusent à travers les couches de cellules subéreuses.

— Le rhizomorphe pénètre en entier et ne se ramifie que dans les tissus internes. Quand les branches ont atteint une certaine extension, elles développent des hyphes simples qui s'étendent dans le tissu environnant et poursuivent la destruction de la structure cellulaire de l'hôte.

— La pénétration s'opère de la même manière dans les sujets résistants, mais ceux-ci réagissent par la formation d'un périderme dans le tissu cortical envahi. Ce périderme s'épaissit progressivement et finit par isoler le rhizomorphe qui est bloqué dans sa progression.

— Les observations ont fait apparaître une action chimique qui se conjugue à l'action mécanique pour favoriser la pénétration du rhizomorphe.

(1) Ce mode de fixation a pu être à l'origine de la suggestion de HORNE, qui considéra cette phase comme faisant partie du processus de pénétration.

Thomas observe qu'avec la pression continue du rhizomorphe sur le cortex, « les parois subérisées en contact avec le sommet du rhizomorphe semblent disparaître comme dissoutes par un dissolvant chimique ». Enfin, dans le parenchyme cortical, sous le point de pénétration, on observe que des contenus cellulaires sont plasmolysés. Il semble donc évident, selon Thomas, qu'une substance toxique est sécrétée par le rhizomorphe. Son action mortelle sur les tissus peut s'observer jusqu'à 5 mm en avant de la pointe du rhizomorphe envahissant la racine (1).

Enfin, Thomas devait tenter une expérience destinée à caractériser le degré de susceptibilité ou de résistance d'un hôte, au moyen d'un test simple. Il procéda à des cultures d'armillaire sur les sucs cellulaires exprimés et filtrés de l'écorce de divers arbres reconnus susceptibles ou résistants à l'infection. Il ressort de toutes les données expérimentales que la bonne croissance du champignon sur le suc cellulaire exprimé de l'écorce des racines n'est pas significative de la susceptibilité des plantes au parasite, pas plus que l'absence de croissance du champignon n'indique une résistance. A ce sujet, Thomas précisait d'ailleurs que la formation de phellogène sous la zone de pénétration n'était pas non plus une preuve de résistance de l'hôte. La résistance d'un hôte serait, selon lui, provoquée par une réaction antagoniste du tissu sain, le facteur actif ne pouvant être exprimé avec le suc cellulaire de la zone subéreuse (2).

Les travaux de Thomas, en ce qui concerne le mode de pénétration de l'hôte, devaient être confirmés en tous points par les observations réalisées par Leach en 1937 [135].

§ 3. - CAS DE LATENCE

Nombreux sont les cas cités dans la bibliographie, où des replantations d'hévéas ont subi des pertes importantes dues aux pourridiés, alors que la plantation précédente était apparemment indemne de toute infection, ainsi qu'en témoignaient les inspections sanitaires réalisées dans les vieux hévéas de la plantation à rajeunir.

On a tenté d'expliquer ce fait en invoquant des cas de latence, le *Fomes* étant capable, suivant cette hypothèse, de vivre inactif durant plusieurs années dans le sol et de se trouver brutalement ranimé jusqu'au stade de parasitisme actif à la suite des opérations culturales accompagnant la replantation.

(1) A propos de l'action toxique des sécrétions du rhizomorphe, il faut signaler le travail de Lanpherb [131] qui détermina les enzymes présentes dans les rhizomorphes d'*Armillaria mellea*. Bien que leur rôle ne soit pas encore exactement connu, l'auteur supposait qu'elles étaient capables d'intervenir dans le processus de pénétration des hôtes.

(2) Il ne s'agirait donc pas d'une immunité passive ou mécanique, mais bien d'une immunité physiologique.

Massee avait suggéré l'existence d'un chimiotropisme positif ou négatif, ce qui n'explique pas, selon Thomas, le fait que la pénétration de l'hôte se réalise et soit suivie ultérieurement d'une inhibition de l'action parasitaire. L'acidité du suc cellulaire a été envisagée également comme facteur possible de la résistance. Wolpert a montré qu'un degré d'acidité correspondant à une valeur de pH de 2 à 2,9 serait nécessaire pour inhiber la croissance d'*Armillaria mellea*. Il est peu probable que l'acidité du suc cellulaire atteigne cette valeur.

Selon Murray [167], le *Fomes* peut réellement exister en latence, l'état physiologique et l'âge de l'hôte jouant vraisemblablement un grand rôle dans le maintien de l'état d'équilibre entre l'hôte et le parasite. Selon le même auteur, il a toujours été possible, à partir des cas d'infection repérés dans une replantation, de retracer la source d'origine jusqu'à une racine d'un ancien hévéa, ce qui prouvait que le parasite était présent avant que les vieux arbres ne fussent abattus, mais n'exerçait plus aucun dommage qui permit de le déceler.

Murray affirmait, en conclusion, la possibilité d'existence du parasite dans le système radiculaire d'un hévéa, dans un état de « *parasitisme contenu* ». Dès après l'abattage, grâce à l'affaiblissement de l'hôte, le parasite retrouverait des conditions de croissance active.

En ce qui concerne *Armillaria mellea,* Leach a prouvé l'existence de lésions radiculaires localisées, l'action du parasite étant tenue en échec par le mécanisme de défense de l'hôte. L'*Eucalyptus,* par exemple, a été trouvé porteur de telles lésions localisées suite aux attaques d'*Armillaria*; si l'*Eucalyptus* se trouve sur un sol très infecté par de nombreuses racines malades de « Muula » (*Parinari mobola*), il succombe parfois à la suite d'un grand nombre d'invasions localisées qui affaiblissent outre mesure la faculté de résistance de cette plante.

Toujours selon Leach, l'invasion de l'hôte par le parasite contenu dans ces lésions localisées peut résulter, non seulement d'une multiplication anormale des lésions en milieu infecté, mais encore d'une diminution soudaine de sa capacité de résistance, suite à l'abattage.

En ce qui concerne les causes capables d'induire l'état de latence chez le parasite, on en est réduit à des hypothèses. Beeley et Napper [29], en 1936, estimaient qu'une des causes les plus fréquentes de latence pouvait être due à une saturation continuelle du sol par l'eau dans des régions côtières basses.

On a supposé encore, plus logiquement, que la résistance de l'hévéa augmente sensiblement avec l'âge, jusqu'au point de pouvoir tenir le parasite en respect. Divers essais réalisés en Malaisie semblent bien prouver ce fait.

Enfin, il est permis de supposer que des plantations âgées d'hévéas ont fini par reconstituer une ambiance assez voisine de celle de la forêt pour que soient réalisées les conditions d'un équilibre biologique naturel, tel qu'il fut défini plus haut (Part. II, ch. I, § 2).

Cet équilibre biologique, joint à la résistance accrue de l'hévéa âgé, placerait le parasite dans une situation telle qu'il pourrait tout au plus se maintenir en vie, sans possibilité d'extension.

§ 4. - ESSAIS D'INOCULATION

1. - *FOMES LIGNOSUS.*

Des essais d'inoculation sur jeunes hévéas, réalisés par s'JACOB à l'aide de fragments de racines infectées, furent couronnés de succès. Par contre, les expériences de REYDON [214], par grattage de pivots et placement sur les plaies de rhizomorphes issus de racines malades, aboutirent à des résultats négatifs.

Ces premiers essais fournirent une conclusion importante : à savoir qu'un mycélium seul, privé de son substrat ligneux d'origine, est incapable de parasiter l'hévéa.

Parmi les nombreuses expériences d'inoculation réalisées par la suite, il faut signaler tout particulièrement celles de DE JONG [90], dont la contribution à l'étude du parasitisme de *Fomes lignosus* fut parmi les plus remarquables. On peut résumer comme suit les conclusions des essais menés par cet auteur :

— Les essais d'inoculation à partir de cultures pures du parasite ont donné naissance à une bonne croissance du mycélium sur les collets et les racines d'une grande proportion des arbres traités mais, en aucun cas, n'aboutirent à créer une infection. Il en fut de même par l'utilisation de fructifications du champignon.

— La présence de blessures sur les racines inoculées n'aida en rien le processus d'infection.

— L'utilisation de racines couvertes de mycélium superficiel a rarement fourni des résultats positifs; les rares cas de réussite se sont manifestés par des infections superficielles qui n'évoluèrent pas en pourriture complète.

— Les seuls résultats positifs furent acquis par l'utilisation de bois infecté comme inoculum. A ce propos, DE JONG devait attirer l'attention sur un fait important : l'influence que pouvait avoir le volume de l'inoculum sur le succès et le développement de l'infection.

— L'utilisation de bois pourri par l'action du parasite a pu provoquer la pourriture de racines saines et même la mort d'arbres.

— Des inoculations ont pu réussir sur des individus âgés de 14 à 18 ans.

— Selon DE JONG, la pourriture provoquée par le *Fomes lignosus* s'arrête fréquemment sans l'intervention d'aucun traitement. De ce fait, notamment, il déduisait que le *Fomes* est faiblement parasite de l'hévéa; il estimait, en outre, que la présence de mycélium sur les racines d'un arbre n'implique pas nécessairement un processus d'évolution de la maladie allant jusqu'à la pourriture, de même que cette pourriture n'entraîne pas obligatoirement la mort de l'arbre. De ces observations, réalisées aussi

bien en champ que dans les essais d'inoculation, DE JONG concluait justement que la seule manière correcte d'estimer le mal dans une plantation était l'expression du taux de mortalité.

— L'auteur admettait en outre la responsabilité du *Fomes* dans la mort de nombreux hévéas, mais ces cas étaient associés, selon lui, à des conditions particulières de milieu capables d'accroître la virulence du parasite et la susceptibilité des individus.

— L'auteur attirait enfin l'attention sur divers facteurs dont l'action sur le développement du pourridié de l'hévéa dû à *Fomes lignosus* était supposée importante. Il citait :

- présence de bois infecté au contact des racines d'hévéa;
- volume du matériel inoculant et nature du bois constituant l'inoculum;
- état de décomposition du matériel ligneux infectant;
- âge des hévéas : les jeunes sujets étant plus rapidement tués par la maladie;
- influence variétale et conditions de milieu en relation avec la variation du potentiel de résistance parmi les hévéas;
- nature du sol, présence de couvertures et précédents culturaux.

Des essais d'inoculation récents, menés au « Rubber Research Institute of Malaya » [16 b], ont conclu à l'influence très nette du volume de l'inoculum sur la réussite de l'inoculation portant sur des sujets en pépinière.

Les quelques données suivantes issues de cette expérience sont intéressantes à reproduire :

Volume de l'inoculum (cubic inches)	*Nombre d'inoculations*	*Réussite à l'inoculation* %
5,0 et plus :	15	100
< 5,0 mais > 1 :	13	69
1 à 0,5 :	9	22
< 0,5 mais > 0,25 :	8	12
< 0,25 :	18	0

Il ressort nettement de cet essai que le potentiel d'infection varie directement avec le volume de l'inoculum.

2. - *ARMILLARIA MELLEA.*

Nombreux furent les essais d'inoculation réalisés avec *Armillaria mellea*. Les travaux de LEACH en Afrique sont particulièrement intéressants pour nous. Ses premiers essais, dont les résultats parurent en 1937, avaient

pour but de préciser certains points touchant le parasitisme d'*Armillaria mellea.*

On sait que ces essais confirmèrent notamment les résultats obtenus par THOMAS dans l'étude du mode de pénétration de l'hôte (1).

La seconde série d'essais, réalisés par LEACH en 1939, se plaçait en conditions naturelles. Sur 26 espèces d'arbres indigènes, des racines latérales furent coupées à environ un mètre du tronc au moment de l'inoculation. Deux arbres de chaque espèce furent testés au point de vue de leur résistance à l'attaque au moyen de racines infectées de *Glyricidia sepium* mises en contact avec leur système radiculaire. Sur chaque espèce, enfin, on procéda à l'inoculation de 6 racines : trois racines intactes et trois autres qui furent coupées au-dessus du niveau d'inoculation. Après 4 mois, LEACH notait que, dans le cas des racines coupées, pratiquement toutes les espèces étaient parasitées par *Armillaria* (24 sur les 26 testées). Ce sont ces résultats qui firent suggérer à LEACH que les arbres sur pied, relativement résistants, sont rapidement envahis après l'abattage.

EDGECOMBE [100], dans une expérience comparative menée sur plusieurs champignons (*Collybia, Pleurotus, Merulius, Pholiota*) en 1941, prouvait que le taux de croissance de l'*Armillaria* sur milieu artificiel, comparé aux autres champignons figurant dans l'essai, était excessivement lent.

BLISS observa cependant qu'en milieu de culture, les rhizomorphes pouvaient croître jusqu'à 67 cm de profondeur endéans une année.

En 1941 encore, BLISS [47] devait démontrer, par des essais du plus haut intérêt, l'importance de l'alimentation de base du parasite sur sa capacité de parasiter un hôte. L'invasion d'un hôte ne put en effet être obtenue que dans les seuls cas où les rhizomorphes étaient solidaires d'un substrat de départ convenable. Les rhizomorphes isolés étaient inefficaces. Pour des cultures pures sur agar, sur son et sur bois, placées dans le sol à proximité de racines saines de citrus, l'infection résulta uniquement de l'inoculum ligneux. La transmission de la maladie fut obtenue tant par du bois infecté naturellement que par du bois infecté artificiellement.

Les résultats de BLISS, prouvant que le potentiel parasitaire de l'inoculum est sous la dépendance de réserves suffisantes dans le bois, rejoignent ainsi les conclusions de DE JONG sur le *Fomes lignosus* et expliquent aussi la constatation faite en pratique de la prédominance d'infections dues au contact de masses ligneuses infectées avec les racines de l'hôte.

---

(1) Les expériences de LEACH peuvent être résumées comme suit : sur des fragments de racines malades d'une légumineuse susceptible (*Glyricidia maculata*), recouvert d'un lit de terre de 5 cm d'épaisseur, LEACH disposa, côte à côte, dans la couche de surface (1,25 cm), des semis de théiers prégermés. Cette disposition permettait le contact ultérieur des racines des théiers avec les fragments de bois infectés, suivant le processus normal qui se réalise dans un terrain défriché. L'examen après un mois montra que des pivots avaient poussé en suivant la surface de racines infectées, parfois en traversant l'écorce et le bois de racines en décomposition. Toutes les racines de théiers, qui croissaient dans la zone corticale ou dans le bois des racines malades, restaient saines. Seules s'infectaient les racines qui venaient en contact avec des jeunes rhizomorphes. Quelques racines révélaient déjà une trace évidente de pénétration. A 2 mois, le rhizomorphe de pénétration avait déjà progressé vers le haut de la racine, et dans une moindre mesure vers le bas, sur une longueur totale variant de 2 à 12 cm. Dans quelques cas, un rhizomorphe pénétra directement du sol dans un cotylédon où il se ramifia en toutes directions.

CHAPITRE V

INFLUENCE DE DIVERS FACTEURS DU MILIEU SUR LES PARASITES

§ 1. - LA LUMIÈRE

1. - *FOMES LIGNOSUS.*

Les rhizomorphes se forment surtout en l'absence de lumière dans les cultures réalisées en laboratoire. Selon SHARPLES [239], l'action de la lumière tend à favoriser l'apparition des fructifications.

Lors d'études préliminaires, menées en 1948 au Laboratoire de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC à Yangambi [10], on reconnut que la lumière avait un effet inhibiteur moins marqué sur *Fomes lignosus* que sur *Armillaria mellea.*

Un an plus tard, des essais semblables [10] concluaient à une action faiblement stimulante de la lumière sur la croissance du feutrage mycélien de *Fomes lignosus* en culture pure. Ceci ne préjugeait en rien d'une réaction similaire des rhizomorphes ou du comportement du parasite placé dans des conditions naturelles.

En fait, dans la nature, les formations rhizomorphiques ne se développent jamais à la lumière.

2. - *ARMILLARIA MELLEA.*

On sait qu'en conditions naturelles, les rhizomorphes d'*Armillaria mellea* se forment toujours en l'absence de lumière. La progression sous-corticale des rhizomorphes leur permet d'ailleurs de coloniser complètement un hôte, en passant du système radiculaire sur le tronc tout en restant à l'abri de la lumière.

Des essais menés en 1949 au Laboratoire de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC à Yangambi ont d'ailleurs conclu à une action inhibitrice de la lumière sur le parasite.

§ 2. - LE TAUX D'AMIDON DANS LES TISSUS DE L'HÔTE

A l'occasion d'essais d'infection naturelle réalisés en 1937 sur des théiers, Leach se livra à une étude microscopique de l'histologie des plantes parasitées. Il nota que les hyphes se développaient dans le xylème et surtout dans la moelle; par contre, ils faisaient défaut dans l'écorce des racines infectées. Comme l'amidon est particulièrement abondant dans la moelle et pratiquement inexistant dans l'écorce, Leach opéra un rapprochement entre l'abondance relative des hyphes dans l'écorce, le xylème et la moelle d'une part et la teneur en amidon de chacune de ces portions d'autre part. Il en conclut que la croissance d'*Armillaria mellea* dans un hôte dépendait d'une quantité suffisante d'hydrates de carbone dans les tissus parasités. Cette conclusion rejoignait l'opinion de Campbell, qui montra que le développement de l'armillaire en culture dépendait de la teneur en hydrates de carbone du milieu.

Enfin, on sait que le *xylostroma* du parasite a une croissance végétative très active, à tel point que, dans les rayons médullaires, son développement intense arrive à provoquer des fendillements longitudinaux et radiaires dans les racines. Un tel développement laissait supposer qu'un apport considérable d'hydrates de carbone était nécessaire. Il semblait à cet égard que les souches d'essences forestières renfermaient dans leurs racines cette haute teneur en amidon favorable au développement du parasite.

Toutes ces considérations devaient amener Leach à suggérer une méthode capable de provoquer l'épuisement des réserves amylacées des racines avant l'abattage, ce qui devait diminuer les chances de développement de l'armillaire sur ces racines et les rendre au contraire plus susceptibles à des champignons des genres *Rhizoctonia* et *Botryodiplodia*. La méthode la plus simple, selon Leach, était de procéder à l'annélation des troncs près du sol quelque temps avant l'abattage.

Il réalisa d'ailleurs une expérience sur *Parinari mobola*, essence très susceptible à l'armillaire et dont les racines normales contiennent beaucoup d'amidon. Une série de 12 arbres subirent l'annélation avant l'abattage, afin d'épuiser les réserves amylacées des racines, tandis qu'on laissait subsister une série de 24 arbres non annelés comme témoins.

Au moyen de fossés ouverts à environ 2 m du pied des souches, on examina toutes les racines ayant au moins 1,25 cm de diamètre. Sur 20 des 24 souches d'arbres non annelés, on trouva 6 à 13 racines infectées par *Armillaria mellea* et 4 racines infectées par *Rhizoctonia*. Sur les 12 souches d'arbres annelés, une seule présenta une racine qui portait de l'armillaire.

Ce premier essai fait donc apparaître, entre les deux objets créés, un écart très significatif dans le pourcentage d'arbres infectés. Ainsi, il semble bien que l'annélation a pu éliminer la principale source d'infection pour la culture suivante, susceptible au parasite.

En attendant que des essais à grande échelle viennent confirmer ces premiers résultats, on doit souligner tout l'intérêt que présente cette contribution de LEACH au problème délicat de la lutte contre les pourridiés.

Cette méthode très simple, qui substitue aux parasites dangereux des racines des champignons inoffensifs pour les cultures ligneuses, est certes appelée à retenir toute l'attention des expérimentateurs.

Selon LEACH, enfin, il est probable qu'une attaque par l'armillaire sur les racines d'une plante a le même effet que l'annélation, c'est-à-dire un épuisement des réserves amylacées dans les extrémités radiculaires; celles-ci, perdant leur pouvoir de résistance, seraient alors aisément envahies par des champignons du genre *Rhizoctonia*. C'est ainsi que s'expliquerait fréquemment la présence simultanée des deux organismes et aussi le fait que certains auteurs auraient erronément considéré l'armillaire comme parasite secondaire et le *Rhizoctonia* comme l'agent pathogène réel.

§ 3. - TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ DU SOL

1. - *FOMES LIGNOSUS.*

Parmi les facteurs édaphiques qui peuvent influencer l'incidence des pourridiés, la température du sol est probablement l'un des éléments les plus importants, puisqu'il peut déterminer la prévalence relative du parasite à certaines saisons, d'une année à l'autre, et même sa distribution géographique.

Lors d'une étude qui établit des caractères biologiques différents entre une souche du Libéria et une souche malaise de *Fomes lignosus,* HANSON [115] détermina un optimum de température de 32° C pour cette dernière, tandis que la souche du Libéria atteignait son développement optimum à 27° C.

Les besoins en humidité, pour assurer une croissance optimum, étaient plus grands pour la souche malaise que pour celle du Libéria, dont la croissance était supérieure sous des conditions de faible humidité relative. Cette dernière se révélait enfin beaucoup plus pathogène sur légumineuses que la souche malaise.

HARRAR [116], étudiant également une souche de *Fomes* en provenance du Libéria, observa un optimum de développement à 28° C, ce qui coïncidait assez bien avec les observations de HANSON.

De ces diverses études, il semble ressortir que le *Fomes lignosus* est thermophile, ce qui constituerait l'un des motifs de son extension rapide après défrichement, alors que la température du sol, privé de son couvert naturel, s'élève assez brusquement.

2. - *ARMILLARIA MELLEA.*

Parmi les causes invoquées pour expliquer l'activité parasitaire d'*Armillaria mellea* sur certaines cultures, on sait que l'humidité du sol fut la

plus souvent citée. Dade en 1927 [84] estimait que les seuls facteurs externes qui semblaient associés de manière nette au parasitisme du champignon étaient l'humidité atmosphérique et l'humidité du sol. D'après lui, la maladie radiculaire du cacaoyer en Afrique était seulement épidémique sur des sols à teneur excessive en eau.

En Côte d'Ivoire, Mallamaire [148] signalait que les dégâts dans les cacaoyers n'étaient importants que dans des terrains argileux et humides, notamment dans des sols alluvionnaires.

D'autres auteurs estiment, par contre, avec Edgecombe [100], que l'humidité du milieu n'est pas le facteur déterminant de la bonne croissance d'un champignon, mais que la température et le pH jouent un rôle prépondérant. A cet égard, les études touchant l'influence de la température sur la croissance et la pathogénéité du parasite furent assez nombreuses, surtout aux Etats-Unis.

Wolpert [329], en 1924, détermina que la température la plus favorable à la croissance de l'armillaire en culture se situait aux environs de 25° C, valeur que Reitsma, en 1932, considérait comme optimum.

Kitajima, en 1928, fournissait les valeurs suivantes : minimum de croissance à 15° C, optimum à 25° C et maximum à 30° C [130].

Cartwright et Findlay [71], qui étudièrent la physiologie des champignons destructeurs du bois, notaient qu'en général, les taux maxima d'accroissement moyen de ces champignons étaient enregistrés pour des températures comprises entre 23 et 27° C.

Benton et Ehrlich [38], travaillant sur dix isolements réalisés à partir de *Pinus monticola* (Western white pine), ont conclu à l'existence d'une température optimum de croissance se situant entre 21 et 25° C.

Rhoads [216], en 1945, étudia la croissance d'*Armillaria* en culture à des températures s'échelonnant de 12,3 à 40,1° C. La croissance du champignon s'établit à toutes les températures comprises entre 12,3 et 35,8° C. Il n'y avait plus de croissance observable à 40° C. Enfin, l'optimum semblait se situer entre 21,7 et 24,7° C, ce qui confirme les résultats de Benton et Ehrlich.

De telles données doivent être accueillies avec la plus extrême prudence dans les conditions de Yangambi, probablement très différentes des conditions qui présidaient aux expériences précitées. Si des essais en conditions naturelles au Congo belge, sur les formes locales d'*Armillaria*, devaient confirmer l'existence d'un optimum situé entre 21 et 25° C, on pourrait en déduire que le parasite est nettement favorisé dans des plantations adultes d'hévéas avec recru naturel. L'expérience nous a montré que le *Fomes* était le plus souvent prédominant dans les jeunes plantations, alors que l'incidence de l'armillaire devenait plus grande dans les plantations adultes. Dans ces plantations à couvert fermé, avec un recru naturel, la température moyenne

journalière du sol dans les 50 premiers centimètres se situe aux environs de 24° C ([1]), ce qui placerait le sol de telles plantations dans la zone reconnue optimum pour la croissance de l'armillaire.

Bliss devait réaliser, en 1941 et 1946, deux séries d'expériences extrêmement intéressantes, desquelles il devait dégager l'influence de la température non seulement sur la croissance du champignon, mais également sur sa pathogénéité en relation avec la croissance radiculaire des hôtes, celle-ci étant elle-même dépendante de la température.

Dans le premier essai [48] réalisé en serre avec une échelle de températures allant de 10 à 38° C, des cultures d'*Armillaria* sur fragments de racines de *Citrus* furent placées dans un sol où étaient établis les divers hôtes à étudier. Après 14 mois, les seedlings de *Citrus sinensis* et *C. aurantium* présentaient une infection sévère à 10° C, modérée à 17° C et faible à 24° C. Après 7 mois, les seedlings de *Prunus persica* (Lovell peach) et *P. armeniaca* (Royal apricot), ainsi que des boutures de géranium, montraient une infection modérée à 10° C et sévère à 17 et 24° C. A une température de 31° C, l'inoculum n'était plus actif, toutes les racines restant saines.

D'autre part, les rhizomorphes d'*Armillaria* sur un milieu agar-glucose-pommes de terre se développèrent de 10 à 31° C, avec un optimum situé entre 20 et 24° C.

Dans les essais ultérieurs [51] en 1946, Bliss observa neuf espèces végétales, économiques et ornementales, mises en pots, inoculées avec *Armillaria* et placées en serre dans des tanks où régnaient des températures différentes, s'échelonnant de 7 à 38° C. Bliss étudia séparément l'influence des diverses températures, d'une part sur le comportement des plantes non inoculées et d'autre part sur la pathogénéité du champignon vis-à-vis des plantes inoculées.

D'une manière générale, il observa que les réponses des diverses plantes aux températures fixées étaient parfois très différentes. Enfin, des manifestations de pathogénéité sur les plantes testées furent relevées sur une échelle de températures allant de 7 à 25° C.

La plus forte résistance des plantes au parasite fut observée aux températures qui correspondaient à la meilleure croissance radiculaire. Bliss devait également noter l'existence de deux températures critiques pour le parasite, une à chaque extrémité de l'échelle de pathogénéité. La température inférieure est de peu d'importance puisqu'elle se situe habituellement sous le minimum requis par la croissance radiculaire. Par contre, la température supérieure est extrêmement importante du fait que l'optimum de croissance radiculaire d'une plante peut se situer à un degré de température qui est bien

(1) Bernard, E. A. et Pichel, R., Données préliminaires sur l'écoclimatologie comparée du couvert de divers clones d'hévéas et leurs influences sur le recru naturel. Comm. n° 170, Conférence africaine des sols, Goma, Congo belge, Nov. 1948, *Bull. agric. Congo belge*, XL, Fasc. 1 (1948).

au delà de l'optimum requis pour l'activité du parasite. La température critique pour le pathogène a été provisoirement fixée à 26° C en attendant des précisions complémentaires (1).

Ces premières conclusions sont du plus haut intérêt, car elles laissent entrevoir une possibilité de lutte contre le pourridié par application de méthodes culturales capables d'entretenir dans le sol une température moyenne qui soit favorable à la croissance des plantes cultivées et en même temps inhibitrice de l'action parasitaire d'*Armillaria*. Cette possibilité, pour aléatoire qu'elle puisse paraître *a priori*, n'en mérite pas moins une attention sérieuse.

L'étude de la croissance d'*Armillaria mellea* sur agar confirma l'existence d'un optimum qui serait compris entre 20 et 24° C. La croissance est complètement annihilée à 36° C.

§ 4. - LE pH

1. - *FOMES LIGNOSUS.*

De Jong [90] croyait qu'il n'existait pas de relation directe entre l'incidence du pourridié et l'acidité du sol.

Harrar devait ensuite conclure de ses expériences que le *Fomes* supportait de grandes variations de pH avec un optimum qui devait se situer entre 6 et 7,5.

Les essais conduits à Yangambi en 1948 [10] devaient montrer que le parasite se développait plus rapidement pour des valeurs de pH de 5,5 à 7,7 avec un optimum se situant aux environs de pH 6,5. En ce qui concerne le poids sec du feutrage mycélien, ce dernier semblait croître progressivement avec l'élévation du pH, son optimum n'étant pas encore atteint à pH 7,75 (2).

Par contre, il est reconnu que, dans les conditions naturelles, la virulence du parasite est accrue en milieu acide. On devait en déduire que les mesures sanitaires basées sur des modifications de pH du sol sont aléatoires.

Au début, on préconisa l'application de chaux vive comme méthode de lutte, en se basant sur deux hypothèses : la première, c'est que la chaux

(1) Bliss expliquait de cette manière la prévalence du pourridié dans la région côtière, en Californie du Sud, où la t° du sol est toujours inférieure à 26° C. A l'intérieur du pays, où le pourridié est pratiquement inexistant, on enregistre sur ces sols désertiques, au moins durant 3 mois par année, des t° largement supérieures à 26° C.

(2) L'influence du pH sur l'accroissement en poids sec du mycélium est démontrée par le tableau suivant :

pH	Poids sec du mycélium (en mg)	
	à la lumière	à l'obscurité
3,60	110	93
4,00	130	99
5,00	110	100
5,57	134	110
6,74	173	162
7,75	192	179

détruirait le mycélium par action caustique directe et, la seconde, par le fait qu'en solution dans l'eau du sol, elle rendrait le sol alcalin, ce qui devait inhiber la croissance du champignon.

Bryce [62] devait démontrer l'inutilité de ces applications de chaux, d'abord en prouvant que la chaux vive perdait rapidement ses propriétés caustiques en contact avec le sol et ensuite en démontrant expérimentalement que le champignon croît plus aisément et plus rapidement en milieu alcalin.

Il semble exister ici une contradiction entre les données de l'expérience en culture pure et les observations en milieu naturel. En fait, cette contradiction n'est qu'apparente; si l'on veut en effet se souvenir que la propagation et la virulence du parasite sont des phénomènes distincts, on peut concevoir que l'alcalinité du sol favorise la propagation au détriment du potentiel parasitaire tandis que l'acidité aurait une influence inverse (1).

2. - *ARMILLARIA MELLEA.*

Reitsma [213] obtint la meilleure croissance de l'armillaire dans un milieu de pH 5 avec une température de 25° C. L'optimum se situerait, selon cet auteur, pour des valeurs de pH comprises entre 4,6 et 6,4.

Wallace [320], tout en reconnaissant un meilleur développement du parasite en milieu acide, estimait qu'il pouvait s'accommoder de divers types de sol présentant des degrés d'acidité très variables. Dans ce même ordre d'idées, Bliss [47] signalait que les rhizomorphes d'*Armillaria* se développaient dans des sols très différents par leur structure et leur degré d'acidité; il donnait, comme exemples extrêmes, des sols tourbeux de pH 4 et des sols sablonneux de pH 8.

Rhoads [216] qui étudia trois souches d'armillaire, maintenues 30 jours à une t° de 28 à 30° C et soumises à une série de valeurs de pH (3,9 - 5,3 - 6,3 - 7,0 - 7,6 - 8,7), nota que le mycélium et les rhizomorphes présentaient une croissance également bonne à tous les degrés de pH compris entre 3,9 et 6,3. A partir de pH 7,0, on notait une réduction progressive du développement du champignon.

Ces données sont en accord avec les résultats obtenus par Wolpert, qui montra notamment que les valeurs limites et l'optimum de pH variaient avec la température du milieu et la nature du substrat. Par exemple, en solution de Richard, la croissance du parasite est inhibée à 25° C pour des valeurs de pH 2,9 et 6,9 tandis qu'elle est optimum à pH 4,9. En solution bacto-peptone, la croissance est optimum à pH 3,8 et elle est inhibée pour des valeurs de 2,0 et 7,8.

Des essais préliminaires, conduits à Yangambi [10] en 1948 et 1949, devaient montrer que le parasite se développait plus aisément dans une zone

(1) C'est dans la zone de pH de 3,6 à 5,0 que se situerait le degré de virulence le plus élevé.

de pH comprise entre les valeurs 4 et 5,57 avec un optimum se situant à pH 5,0.

Comme l'optimum de croissance coïnciderait avec la plus grande virulence du parasite, on a beaucoup espéré d'une méthode de lutte qui consisterait à augmenter la valeur du pH du sol, par l'application de chaux par exemple. Toutes ces données et suggestions devront logiquement faire l'objet de vérifications en conditions naturelles. Comme le faisait remarquer WILKINS [1], si la plupart des champignons croissent généralement le mieux pour des valeurs de pH comprises entre 4,0 et 6,0, il faut noter que cette zone de pH est le plus souvent valable pour le seul substrat dans lequel prolifère le mycélium. Dans un même habitat, WILKINS a trouvé, sous un couvert humique, que le sol pouvait évoluer vers des valeurs de pH de 6,0 à 8,0. Enfin, si on se souvient que le cycle vital du parasite se réalise pratiquement en entier dans le bois et non dans le sol [2], on conçoit que cette suggestion d'une modification de pH du sol comme moyen de lutte n'offre pas *a priori* toutes les garanties du succès.

§ 5. - LA STRUCTURE DU SOL

1. - *FOMES LIGNOSUS.*

Divers observateurs ont relaté des taux d'incidence de pourridiés plus élevés dans les sols légers que dans les sols lourds.

A ce propos, une étude menée en laboratoire à Yangambi [10], portant sur l'influence de l'aération du sol sur la croissance du mycélium, a fourni, après 22 jours d'observation, les résultats que nous consignons ci-après :

	Gravier gros	*Gravier moyen*	*Gravier fin*
Distance parcourue (cm) :	11,95	9,45	8,35
Volume colonisé (cm^3) :	168,90	135,10	118,05
Distance moyenne parcourue par jour (cm) :	0,54	0,30	0,38
Volume moyen colonisé par jour (cm^3) :	7,67	6,05	5,36

Ces données semblent confirmer que les milieux plus meubles, mieux aérés, seraient plus aisément colonisés que des substrats compacts.

(1) WILKINS, W. H., HARLEY, J. L. et KENT, G. C., Ecology of the larger fungi (b). Distribution in relation to type of substrate (c). Hydrogen-ion concentration. *Ann. appl. Biol.*, XXIV, p. 703-732 (1937), XXV, p. 472-489 (1938).

(2) On se souvient que de nombreux avis concordaient pour considérer la propagation de l'infection au moyen de rhizomorphes libres dans le sol comme un processus peu probable.

Nous donnerons ultérieurement les résultats de nos observations en champ qui prouvent indiscutablement le rôle important joué par la structure du sol dans l'extension et la gravité de la maladie.

2. - *ARMILLARIA MELLEA.*

Il n'existe que peu de données touchant l'influence que peut exercer la structure du sol sur l'incidence d'*Armillaria mellea.*

Reitsma estimait que le parasite se développait beaucoup plus aisément dans les sols légers et acides; son développement serait faible ou nul dans les sols lourds et alcalins.

Dade, Mallamaire et d'autres signalaient, par contre, une activité parasitaire plus forte de l'armillaire dans les terrains alluvionnaires, argileux et humides.

Il n'y a pas de contradiction, nous semble-t-il, entre ces opinions du fait que le développement du champignon et son action parasitaire sont deux choses nettement différentes. On peut concevoir qu'un sol léger favoriserait la propagation de rhizomorphes et la croissance du mycélium, tandis qu'un sol lourd offrirait des conditions plus propices au déclenchement d'une action parasitaire.

Ces questions mériteraient, faut-il le dire, d'être étudiées de manière systématique.

§ 6. - LA MICROFLORE DU SOL

1. - *FOMES LIGNOSUS.*

Nous avons déjà exposé, dans un paragraphe précédent traitant des pourridiés dans le complexe biologique naturel, l'action des saprophytes du sol qui constituent des concurrents non négligeables pour le *Fomes* dans les processus de colonisation des substrats organiques présents dans le sol.

Les phénomènes d'antagonisme biologique sont aujourd'hui reconnus; on n'est pas encore parvenu, par contre, à élucider le mécanisme de leur apparition.

On sait que certains saprophytes du sol, considérés comme plus spécialisés que d'autres, sont capables de sécréter des substances antibiotiques ou fungistatiques. Les genres *Trichoderma* et *Penicillium* furent souvent cités.

Lors d'essais réalisés récemment en Malaisie, au R.R.I. [16], sur l'influence du D.D. [1] administré par injection dans les foyers d'infection, on devait reconnaître que non seulement ce produit affectait le parasite, mais encore qu'il stimulait la croissance de *Trichoderma viride,* un saprophyte commun du sol. On a prouvé que cet organisme pouvait inhiber la croissance de *Fomes lignosus* quand ils sont tous deux présents sur une même culture.

(1) D.D. : abréviation de dichloropropane-dichloropropylène.

Quelques essais réalisés à Yangambi en 1949 [10], à partir de certains organismes isolés de la rhizosphère de *Palisota* sp. et de *Commelina* sp., démontrèrent que certaines bactéries entravaient sérieusement le développement du mycélium de *Fomes lignosus*.

L'intérêt de ces recherches est certes à souligner, mais il est douteux que les résultats acquis puissent jamais trouver une possibilité d'application pratique sous forme d'une méthode de lutte directe contre le pourridié.

Tout d'abord, il n'est pas évident que l'antagonisme, révélé par un organisme en présence d'un parasite en culture, soit encore marqué en conditions naturelles. Au cas où cette action serait encore efficace dans le sol, on ne pourra guère la faire jouer que par l'intermédiaire de certaines modifications apportées au milieu, et ce par des méthodes simples relevant de la technique culturale.

Il faudra ensuite trouver quels sont les organismes utiles et comment on pourra favoriser leur développement abondant.

Cette voie d'action vers la recherche de méthodes de lutte efficaces contre le parasite est certainement une des plus difficiles et dont les chances de succès semblent *a priori* bien minimes.

2. - *ARMILLARIA MELLEA.*

On a vu précédemment que les recherches touchant les relations entre divers organismes du sol ont mis en évidence des phénomènes d'antagonisme biologique. Parmi les champignons saprophytes du sol, certains furent reconnus capables de sécréter des substances antibiotiques ou fongistatiques.

Weindling [323], en 1934, reconnut l'existence d'une action parasitaire de *Trichoderma lignorum* sur *Armillaria mellea*. Le principe léthal, mis en cause par l'auteur, était surtout émis par les jeunes hyphes. Il s'agirait d'un principe chimique simple dont la décomposition serait assez rapide, surtout dans des conditions où la valeur du pH est élevée. Ce principe est particulièrement thermostable; même un séjour prolongé en autoclave ne le détruit pas complètement. La plus grande partie de cette substance serait produite deux jours après la germination des spores de *Trichoderma;* c'est à ce moment que l'action parasitaire sur l'armillaire est la plus accentuée. C'est entre les valeurs de pH 4,8 et 6,3 que l'activité du principe léthal est la plus fortement réduite; en milieu alcalin, il n'y a plus aucune action décelable sur l'armillaire.

En 1941, Weindling [324], étudiant à nouveau des toxines émises par certaines moisissures, détermina que certaines d'entre elles, même à faible dose, sont très toxiques à l'égard d'autres organismes.

C'est ainsi qu'il détermina que les genres *Gliocladium* et *Trichoderma* sont capables de détruire les hyphes de *Rhizoctonia*, d'*Armillaria* et d'autres champignons, quand ils sont en présence sur le même milieu de culture. Les

toxines émises par les moisissures sont les agents chimiques effectifs de cette action léthale.

Selon WEINDLING, la gliotoxine est produite pendant la phase de croissance active de l'organisme, à la condition qu'il ait une source abondante d'oxygène et que l'acidité du milieu soit élevée ($pH \leqslant 5$).

Cet auteur soulignait l'intérêt de ces diverses observations, du fait que des espèces de *Trichoderma,* notamment, sont présentes dans les sols du monde entier. WAKSMAN [316] leur trouvait également un rôle très actif dans la décomposition de la matière organique des sols.

BLISS [47] constatait en 1941 que *Trichoderma lignorum* annihilait la croissance d'*Armillaria mellea* sur agar, mais ne le détruisait pas dans le bois après la formation d'un pseudo-sclérote.

Plus récemment, en 1949, une étude préliminaire de FOCAN, KUCZAROW et LAUDELOUT [102] mettait l'accent sur les modifications observées dans la microflore du sol après défrichement d'une forêt primaire. Après incinération, il y eut un accroissement immédiat et important de la microflore, accroissement lié à l'apport de cendres. Il y eut, en même temps, des modifications floristiques profondes de la flore fongique, notamment une régression considérable de *Trichoderma* sp. après l'incinération. La nette réduction du genre *Trichoderma* serait attribuable à une caractéristique écologique de ce groupe, dont l'apparition dans un sol est liée à une humidité et à une aération suffisantes.

Les auteurs notent que la disparition du genre *Trichoderma* peut constituer un élément important de la perturbation de l'équilibre microbiologique du sol, susceptible de conduire à la multiplication des parasites facultatifs.

Il n'est pas impossible que de telles modifications dans la composition de la microflore du sol puissent jouer un rôle déterminant dans l'incidence des pourridiés au sein des cultures ligneuses.

Ces modifications, plus ou moins profondes, suivant les traitements appliqués au sol, pourraient aussi expliquer dans certains cas les dégâts plus importants qui accompagnent certaines pratiques culturales.

Sur le plan pratique, il existe un but lointain comme aboutissement des recherches précitées: c'est la mise au point d'une méthode de lutte biologique qui, par des pratiques adéquates, provoquerait un accroissement ou tout au moins un maintien des antagonismes naturels.

CHAPITRE VI

LE COMPORTEMENT DES HÉVÉAS

§ 1. - RECEPTIVITÉ DES HÉVÉAS

1. - *INFLUENCE DE L'ETAT DE SANTE SUR LA RECEPTIVITE AUX POURRIDIES.*

Il est un fait évident que l'état de santé d'une plante est d'une grande importance pour sa capacité de résistance à des infections.

s'JACOB et DE FLUITER [248] signalaient à ce propos que les hévéas affaiblis étaient attaqués avec plus de virulence par le *Fomes;* de même, selon ces auteurs, des caféiers et des plants de *Leucaena* normaux n'étaient que peu affectés, tandis que les mêmes espèces, après recépage, manifestaient une forte infection par pourridiés.

STEYAERT [267] défendait au contraire le principe suivant lequel des mutilations sévères, comme le recépage, ne favorisaient pas nécessairement la pénétration d'un hôte par le parasite. Il signalait, à l'appui de cette hypothèse, le fait que des haies basses de *Leucaena,* maintenues par recépages fréquents, étaient restées indemnes de maladie, alors que des haies de hautes tiges subissaient des attaques par pourridiés.

Comme nos propres observations nous ont montré le phénomène inverse dans diverses régions du Congo belge, il faut probablement considérer cette opinion de STEYAERT comme particulière à un milieu déterminé, mais qu'il n'est certes pas possible de généraliser. En fait, s'il est vrai que des blessures réalisées au collet ou sur les racines d'une plante ne favorisent pas la pénétration du parasite, on ne peut comparer dans ses effets l'action d'une blessure locale à celle d'un recépage qui rompt brutalement l'équilibre physiologique d'une plante et la place indiscutablement dans un état d'infériorité vis-à-vis du parasite.

LEACH a le plus contribué à éclaircir le problème pour le cas d'*Armillaria mellea* en prouvant que de nombreuses espèces forestières, non susceptibles à l'action du parasite en conditions naturelles, deviennent au contraire très réceptives dès qu'interviennent des mutilations graves.

Nos propres observations sur l'hévéa prouvent en tout cas la réceptivité accrue de l'hévéa vis-à-vis des pourridiés en cas de mutilation grave. Nous avons, par exemple, étudié l'évolution des dégâts imputables aux pourridiés

au sein de populations semblables, d'une part sur des individus morphologiquement normaux et d'autre part sur des individus mutilés par l'action des tornades. Nous avons pris en considération pour ce dernier cas les arbres dont une moitié de la couronne au moins avait été enlevée par le vent (1).

Dans le tableau VII, nous donnons les taux d'occupation enregistrés de 5 ans 6 mois à 8 ans 6 mois pour des groupes d'arbres normaux et cassés.

Tableau VII. – Taux d'occupation calculés pour des groupes d'arbres normaux et cassés

Age considéré	Taux d'occupation		Ecarts
	arbres normaux	arbres cassés	
5 ans 6 mois	100,0	100,0	—
5 ans 10 mois	99,1	100,0	— 0,9
6 ans 8 mois	96,9	95,6	1,3
7 ans 2 mois	94,0	92,6	1,4
7 ans 8 mois	92,5	88,2	4,3
8 ans	91,3	85,3	6,0
8 ans 6 mois	90,5	83,8	6,7

On note que l'infection est plus grande parmi les arbres cassés. A l'âge de 8 ans 6 mois, il y avait un écart de 6,7 % entre les taux d'occupation des deux groupes comparés. On notera enfin que l'écart s'accentue avec le temps.

Nous avons de même essayé de dégager les interactions possibles entre l'incidence des pourridiés et l'apparition des cas de B.B.B. (2) sur les panneaux de saignée. Il semble bien se dégager de ces études que la présence des pourridiés peut agir sur les hévéas en accroissant l'incidence des cas de B.B.B.

Dans le tableau VIII, nous avons condensé une série de résultats issus d'observations menées pendant 3 ans sur divers champs. Nous avons envisagé trois différents degrés de gravité parmi les cas de B.B.B. (colonne 1) :

B1 : écoulement irrégulier du latex et arrêt de production (début de nécrose)

(1) On sait que certains clones sont particulièrement sensibles à l'action des vents violents qui affectent parfois dans des cas extrêmes jusqu'à 50 % des individus.

(2) Le B.B.B. ou « Bruinen binnen bast » ou nécrose brune de l'écorce. C'est une maladie physiologique que nous avons eu l'occasion de décrire en parlant de divers faciès pathologiques relevés sur les panneaux de saignée.

B2 : nécrose accentuée de l'écorce et formation de crevasses profondes
B3 : formation de nodules ligneux déformant les panneaux de saignée.

Pour chacun des clones ou champs considérés (colonne 2), on a calculé les taux de mortalité affectant les arbres normaux et les arbres atteints de B.B.B. (colonnes 4 et 5).

Parmi les arbres atteints de B.B.B., on a enfin calculé les taux d'arbres gravement attaqués par les pourridiés (arbres morts et arbres infectés au pivot) d'une part et d'arbres sains d'autre part (colonnes 6 et 7).
Tous les calculs sont établis d'après les observations cumulées pendant 3 années.

Tableau VIII. – Mortalité et gravité des attaques de pourridiés en relation avec l'incidence des cas de B.B.B.

Stade d'atteinte par B.B.B.	Clone ou champ	Nombre de cas de B.B.B.	Taux de mortalité		Arbres atteints de B.B.B.	
			arbres normaux	arbres B.B.B.	% de cas graves	% d'arbres sains
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
B1	Av 49	17	5,0	35,3	52,9	29,4
	Tj 1	21	2,3	—	12,4	78,1
	Av 152	84	1,4	3,6	14,3	76,2
	BD 5	47	2,2	34,0	76,6	4,3
	Av 163	64	5,9	23,4	46,9	37,5
	Tj 16	63	8,9	42,9	82,5	7,9
	Av 185	11	9,2	36,4	72,7	27,3
	M 1	83	15,9	54,2	85,5	2,4
	Y 24/44	7	non calc.	non calc.	non calc.	non calc.
	M 4	25	4,3	12,0	44,0	40,0
	Y 284/69	8	non calc.	non calc.	non calc.	non calc.
	M 8	14	2,0	42,9	78,6	15,0
	Y 3/46	16	3,6	6,3	50,0	50,0
	BR 1	69	4,6	13,0	46,4	46,5
	Total :	529	5,8	25,7	54,6	38,6
B2 B3	P1.C.	61	3,0	4,9	75,4	18,0
	Desc. Gén. Tj 1	91	1,2	7,7	49,5	37,3
	E.C.43 III	49	0,9	4,1	51,0	24,5

De l'examen du tableau VIII, il ressort les observations suivantes :

- les taux de mortalité sont systématiquement plus élevés pour les arbres atteints de B.B.B. que pour les arbres normaux;
- certains clones seraient par eux-mêmes susceptibles au B.B.B. sans que les pourridiés interviennent de manière notable dans l'apparition des cas. Les clones Tj 1, Av 152, Y 3/46 et BR 1, considérés entre 5 et 8 ans, appartiendraient à cette catégorie; les taux d'arbres sains, relevés pour les cas de B 1 dans ces clones, sont respectivement de 78,1 - 76,2 - 50,0 et 46,5 %.
  Au contraire, il semblerait que les pourridiés agissent particulièrement sur les clones Av 49, BD 5, Tj 16, M 1 et M 8 pour accroître l'incidence des cas B1.;
- en ce qui concerne les cas B2 et B3, on peut dire que, pour les trois champs envisagés, il y a eu une influence marquée des pourridiés sur l'incidence de ces cas de B.B.B.

Une autre série d'observations a porté sur deux essais comparatifs établis en 1944, dans lesquels on a déterminé les taux d'infection imputables aux pourridiés, d'une part à partir de toute la population considérée dans chacun des essais, et d'autre part sur les seuls individus atteints de B.B.B.

Il ressort de l'examen des données consignées dans le tableau IX que les arbres atteints de B.B.B. manifestent des taux d'infection systématiquement plus élevés que ceux qui furent calculés pour l'ensemble des individus, et ce, à divers âges.

Ici également, il semble se confirmer l'existence d'une relation entre l'infection par les parasites radiculaires et l'apparition des cas de B.B.B.

Un dernier exemple en est fourni dans le tableau X, où nous avons comparé les taux d'arbres atteints de B2 et B3 dans deux types de parcelles d'un même essai. On voit que le taux d'arbres atteints de B.B.B. est plus élevé dans les parcelles témoins (relevés d'existences) que dans les parcelles traitées par la méthode de lutte « standard Yangambi ».

L'infection par les parasites radicicoles, plus accentuée dans les parcelles non soumises au traitement standard, induirait donc une plus forte incidence de B.B.B.

On peut probablement expliquer cette action par le fait que les hévéas, dont le système radiculaire est réduit par les pourridiés, continuent à subir le même rythme de saignée qui leur impose un écoulement de latex disproportionné par rapport aux possibilités de récupération de la plante. Ce qui s'observe fréquemment chez des arbres soumis à une intensité de saignée anormalement élevée se produit *a fortiori* chez les arbres malades dont le système radiculaire a perdu une partie, parfois importante, de sa capacité d'absorption.

Tableau IX. – Taux d'infection relevés dans deux champs différents sur l'ensemble des individus et sur les arbres atteints de B.B.B.

Champ observé	Date d'observation	Nombre d'arbres examinés	Nombre de cas de B.B.B.				Taux de B.B.B.	Taux d'arbres infectés par les pourridiés	
			B1	B2	B3	Total		sur tout le champ	sur arbres atteints de B.B.B.
E.C.1	12-1949	4890	353	12	3	368	7,5	10,9	17,1
	12-1950	4848	324	105	94	523	10,8	7,9	11,9
	12-1951	4840	268	152	44	464	9,6	13,9	23,3
	1-1953	4671	340	311	50	701	15,0	8,8	18,1
E.C.3	11-1950	4988	43	1	2	46	0,9	18,4	41,3
	11-1951	4875	167	13	35	215	4,4	7,0	16,3
	2-1953	4768	223	31	68	322	6,8	8,8	26,1

Tableau X. – Incidence comparée du B.B.B. dans des parcelles traitées et des parcelles témoins (relevé d'existences)

Traitement	Nombre d'arbres observés	Taux d'arbres				Taux d'arbres B2 + B3
		B1	B2	B3	B.B.B. total	
Standard	2226	5,8	1,4	4,8	12,0	6,2
Relevé d'existences	1446	6,8	2,9	5,6	15,3	8,5

2. - INFLUENCE DE L'ORIGINE VARIETALE DU MATERIEL SUR L'INCIDENCE DES POURRIDIES.

On sait que la sélection de variétés résistantes a souvent constitué le moyen de lutte le plus efficace et le plus économique contre certains parasites des plantes cultivées.

On peut évidemment songer à l'application d'une telle méthode pour lutter contre les pourridiés de l'hévéa, d'autant plus que les parasites en cause sont difficilement vulnérables à divers moyens de lutte du fait de leur vie souterraine. S'il est en effet relativement aisé de s'attaquer, par des moyens chimiques notamment, à des parasites dont la propagation se réalise exclusivement par voie aérienne ou dont l'action affecte uniquement les organes végétatifs visibles des plantes, il n'en est plus de même avec les parasites radicicoles dont la présence n'est identifiable que par des travaux délicats de dégagement affectant des portions plus ou moins importantes des systèmes radiculaires.

C'est donc contre de tels parasites qu'il serait surtout utile de faire jouer le concept de résistance variétale.

Il semble que, dans toutes les recherches entreprises pour conférer à certaines plantes cultivées une résistance suffisante à l'égard de parasites déterminés, le succès fut d'autant plus aisé que les parasites en cause étaient plus spécifiques. C'est loin d'être le cas pour les pourridiés affectant l'hévéa. Les parasites en cause sont en fait extrêmement polyphages et leur large distribution géographique suffit déjà par elle-même à expliquer leurs aptitudes étendues au parasitisme des hôtes les plus divers.

Si l'on ajoute à cette constatation le fait que l'hévéa se trouve en butte aux attaques non d'un seul mais de plusieurs parasites, dont deux particulièrement fréquents et dangereux, on souligne d'autant mieux la complexité du problème posé par la création de variétés d'hévéas résistantes aux pourridiés.

Nous devons préciser de suite que nos études dans ce sens se sont bornées jusqu'ici à de simples travaux d'observation, destinés à déceler, parmi des populations d'origines très diverses, la présence de clones ou descendances clonales qui marqueraient une résistance particulière à l'action des pourridiés.

Les résultats de ces travaux préliminaires furent d'ailleurs décevants. De toutes les comparaisons réalisées, au cours de plusieurs années, entre des matériels d'origines différentes, il n'est jamais ressorti la moindre preuve d'une résistance à l'action des parasites qui soit imputable à l'origine clonale d'un matériel considéré.

Tel matériel, que l'on croyait plus résistant sur la base du taux d'infection observé dans une parcelle, se montrait au contraire sévèrement atteint dans un autre champ. Ces différences, observables entre diverses parcelles de même origine variétale, furent toujours explicables par l'intervention de

certaines influences et notamment par les précédents de culture différents (forêt, jachère, replantation).

L'énumération de toutes les observations réalisées dans ce sens serait fastidieuse et bien inutile d'ailleurs. Nous nous bornerons à signaler les données obtenues par une dernière étude, la plus récente, portant sur un essai qui avait comme but initial la détermination des interactions entre des sujets porte-greffes d'origine clonale connue et des greffons issus de clones déterminés.

Dans cet essai, quatre clones différents (BD 5, Av 49, M 8, Tj 16) furent greffés à tour de rôle sur 16 types de porte-greffes constitués par des descendances clonales illégitimes disposées en longues lignes de plantation. Chacun des 64 objets ainsi créés est représenté par 6 lignes de 25 greffes.

Les plantules d'hévéa, mises en place en 1944, furent greffées à l'âge de deux ans, soit en 1946.

La première inspection sanitaire, en juin 1948, portait donc sur des sujets porte-greffes âgés de 4 ans environ. Les rondes sanitaires devaient se poursuivre tous les 4 mois entre 4 et 6 ans, tous les 6 mois entre 6 et 7 ans, et enfin annuellement au delà de 7 ans.

Pour l'interprétation des données, nous avons pris comme expression de l'état sanitaire de chaque objet la fraction « arbres sains + contaminés » en fonction de la densité initiale théorique.

Nous avons tenté l'interprétation statistique des données recueillies à divers âges, afin de mettre en évidence une résistance éventuelle plus accentuée de l'une ou l'autre descendance clonale utilisée comme porte-greffes. L'énorme variabilité qui affectait les données intra-objectives a fait perdre toute signification aux différences enregistrées entre les divers objets comparés. Dans cette première analyse, nous avons donc considéré les divers objets séparément, c'est-à-dire que nous avons tenu compte et du clone greffé et de la descendance porte-greffe.

À titre exemplatif, on trouvera dans le tableau XI les valeurs de base intéressant l'état sanitaire des divers objets observés à l'âge de 5 ans et demi de plantation. Aucune conclusion valable ne peut être déduite des essais d'interprétation de ces données, pas plus d'ailleurs que de l'examen des valeurs regroupées en fonction soit du clone, soit du type de porte-greffes.

Les tentatives d'interprétation à diverses périodes d'observation jusque y compris 8 ans de plantation (1952) se sont également soldées par des résultats négatifs.

Cette absence de résultats concrets n'était pas faite pour nous étonner outre mesure, étant donné d'une part les échecs successifs déjà enregistrés lors d'essais précédents et, d'autre part, certaines considérations touchant la variabilité extraordinaire qui affecte la plupart des descendances génératives

Tableau XI. – Données exprimant l'état sanitair
sur le greffon à l'âge de 5 ans et demi

Clone	Nº de répétition	Descendances clonales						
		ML.E.1	M.L.	T.V.1	Y 54/44	T.V.2	M 8	T.V.3
BD 5	1	62,5	66,7	54,2	78,2	95,8	100,0	87,5
	2	61,9	70,8	91,3	100,0	75,0	78,3	83,3
	3	—	56,5	60,9	87,5	62,5	87,5	79,2
	4	—	60,9	91,7	78,9	70,8	78,2	66,7
	5	—	—	87,5	72,7	75,0	87,5	87,5
	6	—	—	—	60,0	83,3	56,0	69,6
	Moyennes	62,2	63,7	77,1	79,5	77,1	81,2	79,0
Av 49	1	70,8	66,6	65,2	66,7	59,1	55,0	72,7
	2	65,2	66,7	58,3	73,7	75,0	76,2	86,9
	3	82,6	79,2	80,0	77,3	68,0	63,6	75,0
	4	70,8	69,6	60,9	73,7	69,6	70,0	75,0
	5	47,8	54,2	62,5	81,2	70,8	84,2	68,2
	6	62,5	50,0	70,8	88,9	66,7	45,4	68,0
	Moyennes	66,6	64,4	66,3	76,9	68,2	65,8	74,3
M 8	1	75,0	70,8	83,3	63,6	69,6	62,5	62,5
	2	66,7	65,2	79,2	69,6	62,5	78,2	91,3
	3	75,0	88,0	86,9	81,8	75,0	70,8	79,2
	4	50,0	65,2	60,9	90,9	75,0	68,2	73,9
	5	45,8	62,5	54,2	68,1	54,2	65,0	52,2
	6	84,0	64,0	79,2	78,3	64,0	56,0	87,5
	Moyennes	66,1	69,3	73,9	75,4	66,7	66,8	74,4
Tj 16	1	78,3	83,3	87,5	59,1	83,4	83,3	75,0
	2	75,0	91,2	91,6	87,5	83,3	83,3	75,0
	3	81,8	73,9	79,2	70,6	59,1	87,5	75,0
	4	79,2	73,9	70,8	80,0	88,0	56,5	79,2
	5	72,7	78,3	77,3	82,3	100,0	70,8	86,9
	6	57,7	56,0	83,3	70,9	80,8	61,5	84,0
	Moyennes	74,1	76,1	81,6	75,1	82,4	73,8	79,2
Moyennes générales par descendance		68,2	68,7	74,6	76,7	73,6	71,8	76,7

les divers objets de l'essai « Influence du sujet
pourcentages d'arbres sains et contaminés)

utilisées comme porte-greffes									Moyenne par clone
M 4	Tj 16	Tj 1	Av 185	Av 256	Av 49	Av 50	Av 36	Av 163	
69,5	83,3	83,3	75,0	96,2	75,0	72,7	65,0	37,5	
75,0	75,0	68,1	79,2	77,3	95,8	66,7	72,2	79,1	
80,0	63,6	76,0	92,0	91,2	88,0	58,3	87,5	100,0	
73,9	62,5	58,3	75,0	72,7	79,2	58,8	70,0	82,6	
75,0	79,2	87,5	91,3	85,7	78,2	84,6	80,0	70,8	
79,2	95,8	88,0	80,0	82,6	80,0	93,3	71,4	91,2	
75,4	76,6	76,9	82,1	84,3	82,7	72,4	74,3	76,9	73,2
87,5	91,7	58,4	83,3	82,6	61,9	76,2	75,0	83,4	
87,5	65,2	58,3	83,3	70,8	70,8	77,8	90,9	58,3	
88,0	76,0	78,2	88,0	88,0	68,0	53,8	72,7	84,0	
58,4	66,7	62,5	61,9	79,2	56,5	50,0	76,2	63,6	
52,2	33,4	62,5	75,0	54,2	62,5	75,0	62,5	58,3	
73,9	68,0	80,0	60,0	58,3	88,0	72,7	45,4	80,0	
74,6	66,8	66,6	75,2	72,2	67,9	67,6	70,4	69,6	69,6
58,3	87,5	75,0	63,6	66,7	62,5	80,0	58,3	70,9	
75,0	79,2	79,2	70,8	82,6	95,8	65,2	66,7	72,7	
86,9	66,7	87,5	78,3	87,5	78,3	90,9	79,2	70,9	
75,0	83,3	73,9	71,4	82,6	79,2	64,7	65,2	72,7	
56,5	65,2	58,3	52,2	75,0	83,4	66,7	83,3	73,9	
45,4	48,0	52,0	70,8	70,9	72,0	50,0	76,0	66,7	
66,2	71,6	71,0	67,8	77,5	78,5	69,6	71,4	71,3	71,1
60,0	66,7	66,7	83,4	69,4	69,6	79,2	75,0	75,0	
76,9	75,0	54,2	75,0	66,7	82,6	90,9	86,9	77,3	
55,5	79,2	80,0	79,2	76,2	83,3	71,4	83,4	79,2	
72,7	75,0	65,2	70,8	77,3	81,8	70,0	78,9	79,2	
95,0	79,2	73,9	66,7	58,8	70,8	63,6	71,4	70,8	
75,0	88,4	76,0	84,0	80,0	83,3	76,5	66,7	88,0	
72,5	77,2	69,3	76,5	71,4	78,6	75,3	77,0	78,3	76,1
72,1	73,0	70,9	75,4	76,3	76,9	71,2	73,3	74,4	73,3

de l'hévéa. Ces descendances génératives, qu'elles soient légitimes [1] ou illégitimes, accusent en effet une telle dispersion de tous les caractères observables (morphologie, productivité, vigueur) que nous admettions *a priori* comme prévisible l'absence d'une résistance aux parasites radicicoles de la part des descendances considérées globalement.

Pour les clones greffés, le problème n'est guère simplifié du fait que les sujets porte-greffes appartiennent évidemment à des descendances génératives hétérozygotes. Quel que soit le degré d'influence que les greffons puissent exercer sur leurs sujets, il est peu probable qu'ils puissent leur conférer une capacité de résistance nettement accrue à l'égard des parasites. Bien qu'il existe des interactions entre sujets et greffons, c'est surtout l'influence du sujet qui marque le plus souvent et avec le plus d'intensité des caractéristiques particulières du greffon. Des sujets porte-greffes d'origine déterminée sont ainsi capables d'accroître la vigueur et la productivité de certains clones dans des proportions que l'on ne retrouve jamais dans l'analyse des actions inverses, soit celles qui s'exercent des greffons sur les sujets.

Ces considérations et ces résultats négatifs signifient-ils qu'il n'existe aucune possibilité de trouver des descendances qui soient « résistantes » aux parasites radicicoles ? Nous ne le pensons pas, mais le problème posé doit être abordé sous un autre aspect.

Les échecs enregistrés jusqu'ici dans la recherche de descendances dotées d'une meilleure capacité de résistance à l'action des pourridiés sont dus à deux principales raisons.

D'une part, il y a l'hétérogénéité inhérente au matériel clonal observé, qu'il s'agisse de descendances génératives ou de clones greffés sur des descendances clonales. D'autre part, une capacité de résistance donnée — si elle n'existe qu'à un degré assez faible chez certaines descendances — peut être entièrement masquée lors des observations par la présence dans les champs d'expériences de plages particulièrement infectées où les parasites sévissent avec une virulence accrue.

Nous sommes persuadés, par ailleurs, que la capacité de résistance, qui permettrait aux hévéas de ne pas succomber sous l'action des parasites radicicoles, existe au niveau individuel, si elle ne s'extériorise pas au niveau de la descendance clonale.

Nombreux sont les exemples que nous avons observés d'arbres capables de circonscrire les lésions d'origine parasitaire sur leur système radiculaire et d'extérioriser continuellement un potentiel productif très élevé. Nous signalerons enfin la tendance d'une proportion notable d'individus à réagir aux attaques en produisant des organes de remplacement, racines adventives

(1) Nous avions espéré un moment que les descendances issues d'autofécondation marqueraient une moindre variabilité des caractères parmi les descendants. Si ces lignées issues d'autofécondation rappellent de manière plus fidèle la morphologie des clones d'origine, dans certains cas du moins, elles marquent, par contre, une variabilité accrue touchant d'autres caractéristiques et notamment le potentiel individuel de production. Elles constituent d'ailleurs de ce fait le matériel de choix pour la recherche de nouveaux arbres mères.

latérales ou racines pivotantes suppléant à la destruction du pivot original. Cette capacité de régénération, vraiment remarquable chez certains individus, serait intéressante à inclure dans les caractéristiques propres de certaines descendances clonales.

Ainsi, s'il ne semble pas possible de repérer des descendances dotées naturellement d'une résistance élevée à l'égard des parasites en cause, il n'est pas impossible d'envisager la création de lignées ou plutôt de clones qui seraient dotés, non pas d'une immunité à laquelle nous ne croyons pas, mais d'une capacité de régénération tellement puissante que les individus attaqués seraient capables de réagir victorieusement tout en maintenant un potentiel productif appréciable.

Il n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage de décrire les techniques par lesquelles nous espérons arriver à un tel résultat. Nous dirons seulement que les premières tentatives dans ce sens reposeront sur le choix d'individus particulièrement bien dotés des caractéristiques désirables et sur la création de clones de boutures qui seront testés, soit en milieu naturellement très infecté par les pourridiés, soit encore par des méthodes d'inoculation artificielle qui doivent être mises au point par les spécialistes intéressés.

Des clones de boutures, éliminant la variabilité induite chez les greffes par la nature hétérozygote des porte-greffes, pourraient être, en cas de succès des tests de résistance, utilisés tels quels comme matériel de plantation, ou encore comme porte-greffes de certains clones très productifs s'ils ne sont pas eux-mêmes dotés d'un potentiel de production satisfaisant.

Ces projets participent évidemment d'un plan de recherches à longue échéance et nous pensons qu'ils ne constitueront pas avant longtemps la solution du problème posé par l'incidence des pourridiés dans les champs d'hévéas établis sur défrichement forestier.

Dans le cadre de nos techniques récentes de présélection en place, une tentative sera également faite pour étudier la relation éventuelle qui lierait la morphologie du jeune système radiculaire au comportement vis-à-vis des parasites, tel qu'on l'observe à l'âge adulte.

3. - *INFLUENCE DE L'AGE DU MATERIEL.*

Nous avons pu nous convaincre, à la suite de multiples observations portant sur des hévéas de divers âges, que les jeunes arbres sont plus rapidement tués par l'action des pourridiés. Il est, par contre, très difficile d'étayer cette conviction par des données précises, capables de matérialiser, en quelque sorte, le concept de résistance plus ou moins grande des individus en fonction de leur âge. Il nous faudrait pour ce faire disposer d'essais systématiques où les conditions suivantes seraient respectées :

— identité initiale dans les types de sol, dans les méthodes culturales et dans l'origine variétale du matériel;

— choix de groupes d'individus reconnus absolument indemnes de maladies, et ce, dans des populations d'âges très différents. Ceci implique un dégagement total des systèmes radiculaires avec tous les inconvénients qu'implique une telle méthode pour l'étude d'un processus ultérieur d'infection naturelle;
— détermination du moment auquel se déclenchent les processus infectieux sur les systèmes radiculaires;
— détermination de la gravité relative de chaque cas et de la rapidité avec laquelle progresse l'infection, soit jusqu'à la mort de l'hôte, soit encore jusqu'à l'établissement d'un état d'équilibre entre celui-ci et le parasite.

On conçoit que ces conditions d'observation sont irréalisables en milieu naturel. Il semble que la solution du problème ne puisse être obtenue que par des essais d'inoculation artificielle portant sur des groupes numériquement importants d'individus de divers âges, afin de diminuer l'influence probable des variables induites par l'incertitude initiale touchant l'état de santé des systèmes radiculaires.

Si l'on veut, dans de telles expériences, étudier strictement la résistance des hôtes en fonction des conditions de milieu dans lesquelles ils se sont développés, il faudra en outre réaliser les inoculations à partir de souches choisies dans le milieu même où vivent les hévéas à observer. Il est en effet possible qu'avec l'âge, la plus grande résistance de l'hévéa à l'action léthale des pourridiés soit imputable non seulement à un accroissement du potentiel de résistance des individus, mais peut-être aussi à une diminution de virulence des souches d'*Armillaria* et de *Fomes* présentes dans le sol des plantations. La discrimination entre ces deux influences pourrait encore se faire par l'usage d'inocula issus de souches différentes, prélevées par exemple dans de jeunes défrichements et dans des plantations âgées. On pourrait juger ainsi de la part respective prise par l'un et l'autre facteurs dans le phénomène observé, soit une action léthale plus rapide des pourridiés sur les arbres jeunes.

A priori, nonobstant l'absence de preuves formelles, il est difficile de douter de la plus grande capacité de résistance d'un hévéa âgé dans son milieu de plantation. Il suffit, pour s'en convaincre, d'avoir observé quantités de systèmes radiculaires en butte aux attaques des pourridiés. Il saute aux yeux que les organes souterrains des arbres âgés réagissent plus intensément aux attaques que ceux des jeunes arbres. Ces réactions se marquent, tantôt par la formation de tissus de cicatrisation — visibles sous forme de bourrelets encerclant les zones lésées — tantôt par des proliférations abondantes de racines adventives.

Il nous paraît intéressant d'exposer, dans le cadre du sujet actuellement traité, quelques résultats d'observations ayant porté sur l'une des parcelles les plus âgées de la Division de l'Hévéa à Yangambi. Il s'agit d'un champ d'épreuve actuellement âgé de 18 ans, qui n'avait plus subi aucune inspection

sanitaire depuis plus de 8 ans au moment du dégagement. Le traitement appliqué jadis fut d'ailleurs assez différent des méthodes actuellement préconisées, dont nous soulignerons l'efficacité dans le présent ouvrage. Il consista, en fait, dans le creusement de fossés d'isolement — ceci dans les premiers stades — et ensuite dans le dégagement de portions réduites du système radiculaire avec application de sulfate de cuivre pulvérulent dans le fond des cuvettes ouvertes.

L'examen, qui porta sur 177 arbres, révéla l'existence de 6 attaques imputables au *Fomes*, dont 2 à considérer comme incurables, et de 12 cas dus à l'action d'*Armillaria*.

La mortalité présumée (en admettant que les deux cas jugés incurables évoluent à brève échéance en mortalité) était de 1,1 % seulement.

Les observations réalisées sur ce champ ont permis de faire les quelques constatations suivantes :

— Des hévéas greffés, âgés de 18 ans et qui ne furent pas soumis à un traitement systématique contre les pourridiés, sont encore sujets à des infections radiculaires imputables au *Fomes* et à l'armillaire, ce dernier parasite marquant une nette prédominance dans la proportion des cas d'attaque (66,7 %).

— Il n'y a par contre que 1 % de mortalité présumée du fait des pourridiés.

— Les observations réalisées sur les systèmes radiculaires largement dégagés ont montré que les lésions sont plus souvent bien localisées et parfois entourées d'un bourrelet cicatriciel. De tels faciès sont rarement observables chez les jeunes hévéas. Enfin, bien que ces derniers présentent assez fréquemment des formations de racines adventives et des pivots multiples, conséquemment aux attaques des parasites, de telles réactions furent reconnues beaucoup plus fréquentes et plus vigoureuses chez les arbres âgés.

Ainsi, bien qu'on ne puisse avancer des conclusions de valeur absolue touchant l'influence de l'âge des hévéas sur leur capacité de résistance aux pourridiés, les faits d'observations dont nous disposons nous permettent néanmoins d'affirmer que les arbres âgés meurent beaucoup moins rapidement que les arbres jeunes, du fait d'une plus grande capacité de résistance aux parasites, laquelle se marque par des réactions radiculaires très accentuées.

Quant à l'incidence pratique des observations réalisées, on peut la définir comme suit : des plantations d'hévas, qui ne sont pas traitées ou qui le sont insuffisamment, accusent des pertes dues aux pourridiés jusqu'à l'âge de 20 ans et peut-être au delà. Pour faibles qu'elles puissent paraître, en regard des dégâts observés dans des plantations jeunes, ces pertes n'en sont pas moins notables. Elles s'accompagnent d'ailleurs d'un taux d'infection qui n'est pas sans influencer la production d'un certain nombre d'individus.

Il se dégage des diverses constatations faites jusqu'ici qu'on ne peut abandonner la lutte contre les pourridiés dans des champs reconnus infectés, avant un âge assez avancé que nous estimons devoir se situer entre 10 et 12 ans de plantation. Encore faut-il que le traitement ait été mené suivant des principes stricts, que nous définirons ultérieurement.

Dans le cas de plantations âgées qui furent négligées durant de longues années et où sévissent encore des dégâts notables du fait de l'action des pourridiés, le problème que pose l'utilité d'une reprise de la lutte est souvent délicat à résoudre. En fait, l'application d'une méthode de lutte dans ces conditions dépendra de la prise en considération de divers facteurs parmi lesquels il faut souligner des impératifs d'ordre économique qui peuvent être plus puissants que la seule considération de l'état sanitaire défavorable. Il y aura notamment : le taux d'occupation par ha au moment considéré, le niveau atteint par les cours du caoutchouc sur les marchés, la quantité de main-d'œuvre, le niveau des salaires et, enfin, l'état végétatif des arbres âgés, lesquels peuvent présenter un taux élevé d'individus médiocres (maladies du panneau d'origine parasitaire, B.B.B., mauvaise régénération d'écorce, etc.).

A cet égard, on peut dire qu'une analyse de tous les facteurs de la productivité est nécessaire pour arriver à estimer si la production espérée, tant actuelle que future, est encore justifiable de l'intervention d'une lutte méthodique et coûteuse pendant plusieurs années. D'une manière générale, nous pensons qu'une plantation âgée, qui fut négligée sous l'angle sanitaire et dont le taux d'occupation est dangereusement réduit, ne justifie que rarement la mise en train d'une lutte méthodique. On ne peut évidemment édicter des règles précises, car une décision en de telles matières ne peut résulter, dans chaque cas d'espèce, que d'une enquête approfondie qui fait intervenir tous les facteurs déjà cités plus haut.

Nous aurons l'occasion ultérieurement, en envisageant le problème des pourridiés sous son aspect économique, de fournir un exemple simple de calcul du prix de revient de la lutte et de l'incidence de ces frais sur la rentabilité des plantations.

§ 2. - INFLUENCE DES POURRIDIÉS SUR LA PRODUCTIVITÉ DE L'HÉVÉA

Il nous a paru utile de définir les effets marqués sur la productivité de l'hévéa par les divers cas de maladies radiculaires. S'il est en effet intéressant, de prime abord, de réduire le taux de mortalité par l'application d'un traitement, encore faut-il que les hévéas maintenus en vie soient productifs. Cette question intéresse moins les arbres complètement guéris de leur mal que les individus sauvés de la mort, mais qui restent malades pour un temps plus ou moins long. Dans ce cas, il s'agit de savoir si le traitement appliqué à de tels individus sera au moins payé par une récupération suffisante de production en latex.

Ce problème nous intéressait spécialement en vue d'approfondir ultérieurement certains aspects économiques de la méthode de lutte contre les pourridiés.

En première analyse, il fallait cependant admettre que ce problème était particulièrement complexe.

Les tentatives que nous avons faites de déchiffrer quelque peu, parmi tant d'autres facteurs, la part qui revient aux pourridiés dans les fluctuations de production de l'hévéa, nous ont convaincu rapidement de l'impossibilité pratique d'obtenir une réponse précise au problème posé.

A priori, la méthode de travail d'une telle étude est relativement simple. Il s'agit en fait de contrôler durant un temps suffisant la production individuelle de séries d'hévéas initialement sains, en même temps que l'on tient compte régulièrement de l'état sanitaire de ces mêmes arbres. Lors de l'apparition de certains cas de pourridiés au cours de la période d'observation de la productivité des hévéas, on essaye de déceler les fluctuations éventuelles qui se marquent dans les courbes de production. Ces fluctuations peuvent être traduites, par exemple, en fonction de la productivité normale, soit celle qui est extériorisée par les hévéas lorsqu'ils sont reconnus indemnes de maladies radiculaires.

En fait, l'existence des fluctuations observées sur une courbe de production individuelle est souvent très difficile à rattacher à une cause donnée, du fait de deux circonstances que nous allons analyser plus loin. Il y a d'une part la difficulté de déterminer exactement l'état de santé des arbres mis en observation et, d'autre part, l'intervention de divers facteurs intrinsèques et extrinsèques à la plante qui peuvent induire des fluctuations de production.

1. - *DETERMINATION DE L'ETAT DE SANTE OU DE MALADIE.*

Nous n'insisterons pas ici sur la difficulté bien connue de définir ce qu'est l'état de santé d'une plante. Nous ferons abstraction des perturbations de nature physiologique et même pathologique qui ne sont pas toujours décelables, au moins à certains moments, pour nous en tenir aux seules affections déterminées par les champignons parasites des racines.

Ainsi que nous le verrons plus loin, le travail de dégagement des racines, tel qu'il est réalisé à chaque inspection sanitaire, n'affecte qu'une portion relativement réduite du système radiculaire des individus observés. Il est donc évident qu'il peut subsister des cas de maladies situés en dehors des limites de cette zone soumise à l'attention de l'observateur.

Ainsi, le fait de choisir une série d'arbres sains, dans le cadre d'un dégagement radiculaire normal, ne nous permet pas de certifier l'absence totale d'affections radiculaires sur les individus choisis.

On pourrait nous objecter qu'il suffit d'opérer un dégagement total de tous les systèmes radiculaires pour acquérir la certitude quant à l'état sani-

taire de chacun des individus. Il faut alors compter avec un fort pourcentage de chablis [1] et la création d'une perturbation telle du milieu que des observations normales de productivité ne sont plus concevables.

Nous avons donc tenté de réaliser l'étude du problème posé à partir d'individus reconnus indemnes de pourridiés dans les limites du dégagement normal des racines et d'une portion de pivot.

L'observation des courbes de production de tels individus peut donc laisser apparaître des fluctuations anormales qui ne correspondent à aucun cas d'attaque visible, mais qui peuvent constituer une réaction à des cas de pourridiés se situant en dehors des portions dégagées des systèmes radiculaires.

2. - *INTERVENTION DE DIVERS FACTEURS AGISSANT SUR LA PRODUCTIVITE.*

Parmi les multiples facteurs susceptibles d'influencer la production de l'hévéa, nous en signalerons quelques-uns, particulièrement importants : les éléments climatiques, la variabilité individuelle, l'origine variétale et certains états pathologiques.

a) *Les éléments climatiques.*

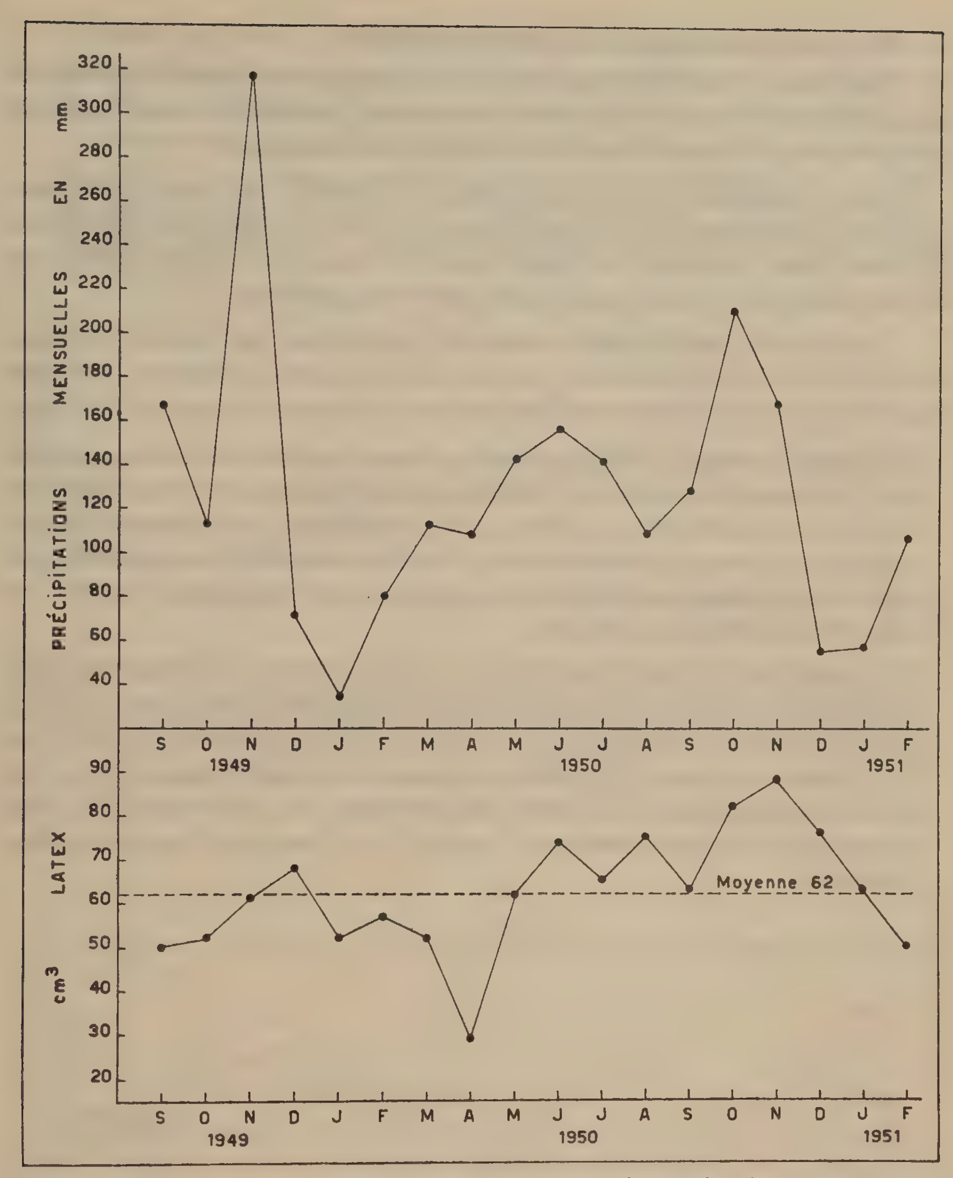
On sait que les variations saisonnières affectant certains éléments climatiques, notamment la pluviosité et le déficit de saturation, agissent indirectement sur la productivité de l'hévéa. L'écoulement du latex peut marquer des fluctuations journalières importantes sous l'influence des chutes de pluies; il s'agit dans ce cas de fluctuations passagères intervenant endéans des courts laps de temps.

A l'échelle saisonnière, le climat agit également de manière directe sur la physiologie de la plante qui réagit en modifiant sa productivité dans un sens donné. Les effets marqués par ces modifications saisonnières du climat sont rarement immédiats. Il existe, en fait, un décalage important dans le temps entre les modifications saisonnières du climat et la variation correspondante marquée par la production. C'est ainsi que les données minima et maxima d'une courbe annuelle de production du latex ne coïncident pas avec les périodes de pluviosité minimum et maximum de la même année (graph. 1).

Les observations phénologiques réalisées à Yangambi sur divers clones et descendances clonales ont contribué à fournir une explication logique du décalage constaté entre l'action saisonnière des éléments climatiques et la variation correspondante de production [2].

(1) Un travail de dégagement total, réalisé dans un autre but, nous a convaincu qu'il était impossible par la suite de réutiliser les arbres ainsi traités, à des fins d'observations normales. Sans compter les mutilations nombreuses qui sont inévitables, on observe que la plupart des arbres s'inclinent dangereusement, et qu'un fort pourcentage d'entre eux s'abattent.

(2) Le minimum de pluviosité observé à Yangambi se situe habituellement en janvier-février. Le minimum des courbes annuelles de productivité se situe, par contre, en avril-mai. Les observations phénologiques ont montré que la défoliation consécutive à l'action de la saison sèche n'intervenait qu'en février-mars. Le minimum de production s'observe, non pas à ce moment, mais bien lors de la nouvelle poussée foliaire qui intervient généralement en avril. Il est donc intéressant de souligner que le minimum de production intervient en fait lors de la reprise des pluies en avril-mai. Il existe évidemment de grandes différences de comportement selon l'origine clonale. D'une manière générale, on peut dire que l'hivernage est plus précoce et plus total pour les clones à couvert léger; la refoliation de ces clones intervient également plus tardivement. Pour les clones à couvert dense, l'hivernage est plus tardif, moins brutal et souvent même se réalise insensiblement.



Graphique 1. — Courbe de productivité d'une descendance clonale Tj 1 en relation avec les précipitations mensuelles, exprimées en mm. La productivité mensuelle moyenne de la descendance est exprimée en cm^3 de latex par arbre et par jour de saignée.

Ainsi, que l'on considère des courbes de productivité à l'échelle journalière ou à l'échelle des moyennes mensuelles pour voir se dégager les influences climatiques saisonnières, on note des variations importantes qui ne se situent pas nécessairement aux mêmes moments pour divers clones envisagés (cfr c) ci-après. Le graphique 1 donne une image des fluctuations de production d'une descendance clonale Tj 1 sous l'influence des éléments climatiques.

b) *Variabilité de la production individuelle.*

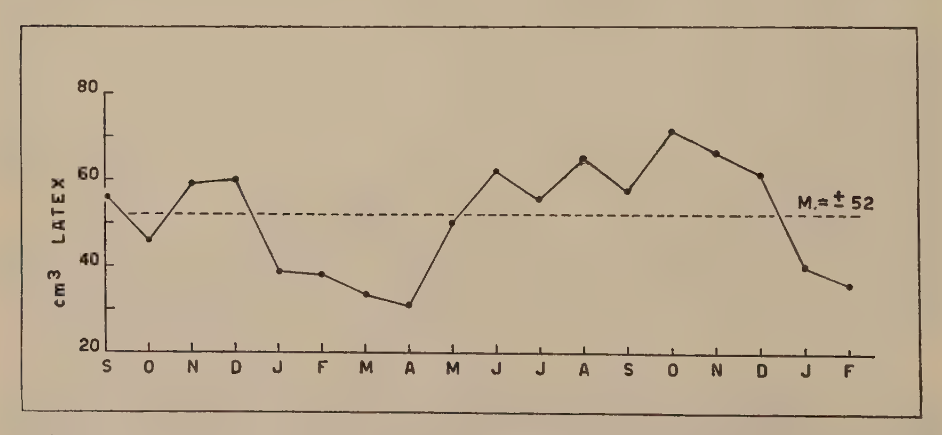
Que ce soit pour des clones ou des descendances clonales, il existe de fortes différences individuelles dans le potentiel productif et dans l'intensité des réponses de l'hévéa à l'action des éléments climatiques.

Cette variabilité de la production individuelle est particulièrement accentuée chez les semenceaux clonaux, qu'ils soient légitimes ou illégitimes. Elle existe aussi, bien qu'à un degré moindre, au sein des clones greffés, du fait des interactions entre sujets porte-greffes et greffons.

L'analyse de nombreuses courbes de production individuelle, particulièrement chez les semenceaux, permet de reconnaître plusieurs catégories d'individus quant à l'allure des fluctuations de la production dans le temps.

— Un grand nombre d'individus ont un comportement que l'on peut qualifier de normal; ce sont des producteurs généralement moyens dont les courbes de production accusent des fluctuations qui correspondent à celles que marque la descendance clonale à laquelle ils appartiennent, avec des décalages semblables par rapport aux variations affectant les éléments climatiques déjà cités.

Le graphique 2 illustre bien ce cas; c'est la courbe de production d'un hévéa moyen dont le potentiel productif est d'environ 52 cm^3/a.j. (1) pour la période considérée. On se rendra compte que cette courbe est en tous points analogue à la courbe moyenne de la population, telle qu'elle figure au graphique 1. La production moyenne en cm^3 de latex par arbre et par jour de cette population fut de 62 cm^3 environ durant la même période.

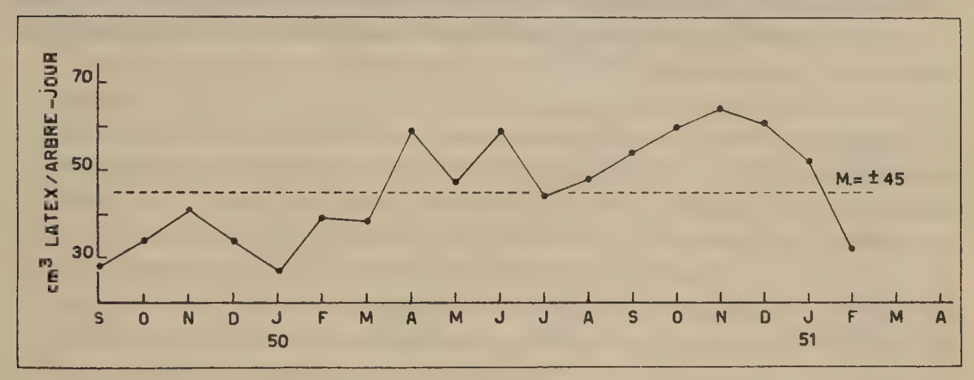


Graphique 2. — Courbe normale de productivité d'un semenceau Tj 1 de potentiel productif moyen.

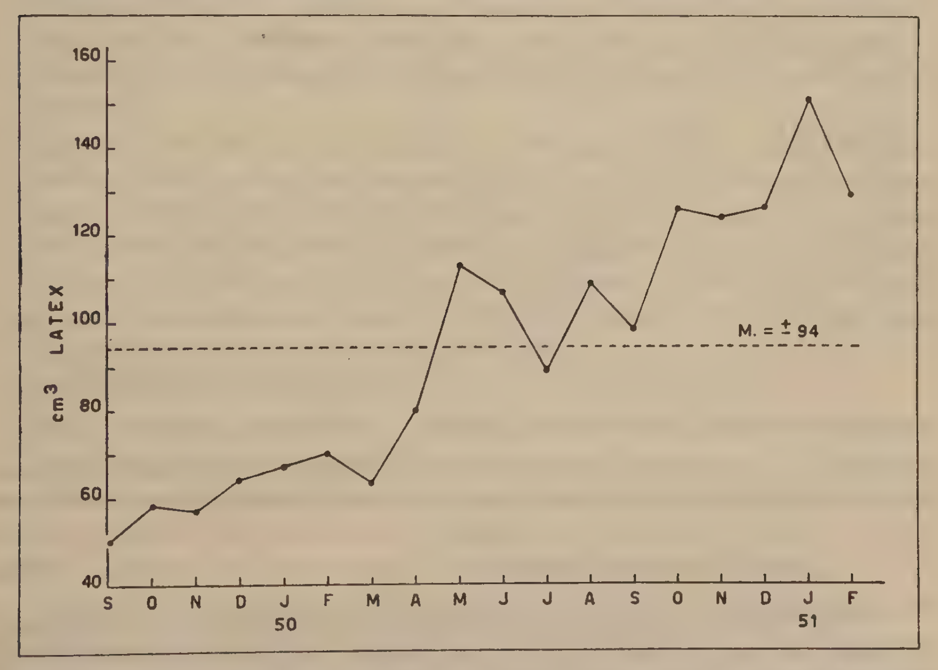
---

(1) L'abréviation couramment employée cm3/a.j. signifie : centimètres cubes de latex par arbre et par jour de saignée.

— Certains individus, d'un comportement inexplicable, marquent des minima et maxima de productivité à des moments tout à fait différents de ce qui est observable pour la descendance considérée (graph. 3). Les observations phénologiques nous ont montré qu'il existait des individus dont l'hivernage se produit à des moments inhabituels, par exemple, en pleine saison des pluies. Il s'agit, cependant, d'individus dont le système radiculaire fut examiné minutieusement et se révéla indemne de pourridiés.



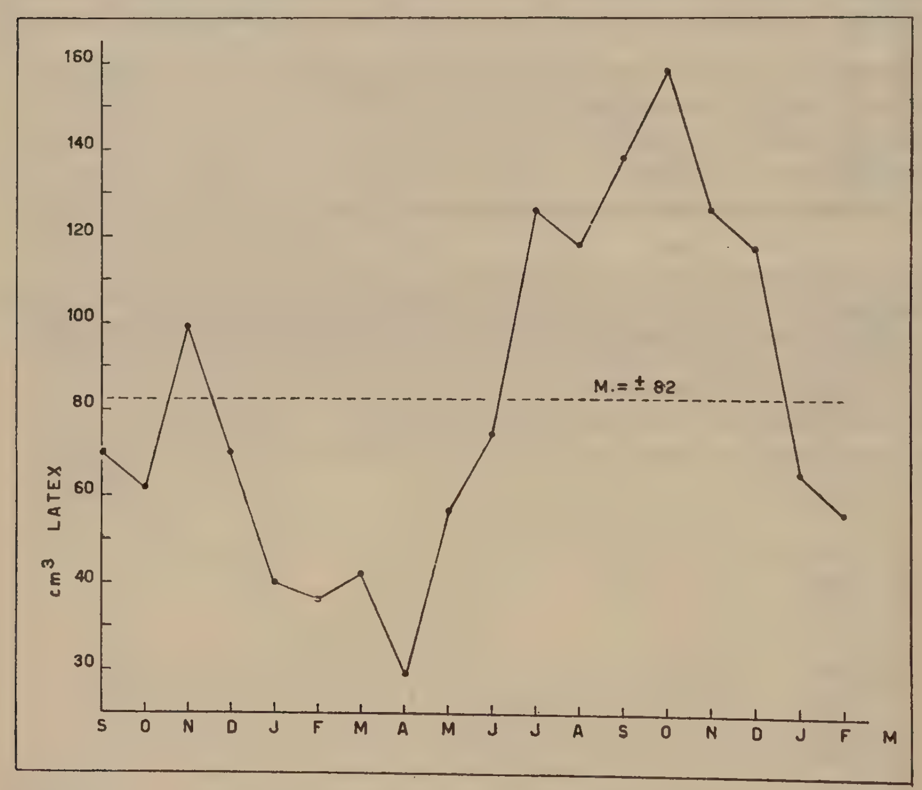
Graphique 3. — Courbe anormale de productivité d'un semenceau Tj 1 infecté par *Armillaria mellea.* Le minimum normal d'avril est remplacé ici par un maximum.



Graphique 4. — Courbe de productivité d'un hévéa (semenceau Tj 1) dont l'accroissement continu du potentiel productif tend à masquer les variations induites par l'action du climat.

— Chez certains hévéas, enfin, un accroissement continuel du potentiel de production au cours de plusieurs années tend à masquer plus ou moins complètement les variations induites par l'action du climat. Un tel cas est figuré par le graphique 4.

— On note encore, en fonction de diverses catégories de producteurs (très bons - moyens - médiocres), que les arbres de forte productivité marquent le plus souvent, sous l'effet du climat, des fluctuations saisonnières relativement plus accentuées que celles qui affectent des producteurs moyens ou médiocres. C'est ce qui apparaît dans l'exemple fourni au graphique 5.



Graphique 5. — Courbe de productivité d'un individu à haut potentiel productif, marquant des fluctuations saisonnières importantes sous l'effet des éléments climatiques.

c) *L'origine variétale du matériel.*

Les fluctuations, subies par la productivité sous l'action du climat, sont d'intensité variable selon le clone ou la famille clonale mis en observation.

De même, les maxima et minima de production se situent à des époques différentes.

Ces faits sont à mettre en relation avec les résultats obtenus par les observations phénologiques portant sur les principaux clones et descendances clonales figurant dans les champs expérimentaux de Yangambi. Les périodes de défoliation et de feuillaison sont en effet différentes selon le matériel clonal envisagé.

d) *Divers états pathologiques de l'hévéa.*

Il existe plusieurs affections pathologiques, d'origine physiologique ou parasitaire, qui peuvent affecter l'hévéa et influencer son potentiel productif. Nous ne ferons que signaler les plus courantes au Congo belge.

— *Des maladies foliaires,* déterminées par l'*Helminthosporium* ou l'*Oïdium heveae.*

  C'est surtout le dernier cité qui s'avère nuisible aux hévéas en production, en agissant sur le feuillage en voie de reconstitution, après la saison sèche. Sous l'action de ce parasite, des hévéas peuvent hiverner une seconde fois (« Secondary leaf fall »), ce qui se traduit évidemment par des fluctuations anormales de la courbe de production annuelle.

  Dans ce cas également, joue une variabilité individuelle ou clonale qui tend à accentuer plus ou moins la gravité des attaques selon le degré de réceptivité du matériel à la maladie.

— *Des maladies du panneau.*

  Certaines de ces affections, d'origine parasitaire (*Phytophthora-Pythium),* se décèlent d'habitude assez aisément par l'apparition de nécroses et d'écoulements de latex qui préludent à la formation de chancres.

  D'autres, de nature physiologique, comme le B.B.B. (Brown bast), peuvent induire des fluctuations anormales de production un certain temps avant l'apparition des symptômes typiques du mal. Nous avons pu observer que des arbres atteints de ce brunissement du liber marquent, durant la période qui précède le desséchement partiel de l'encoche de saignée, des accroissements parfois extraordinaires de productivité, avant de s'assécher plus ou moins complètement.

— *Des mutilations accidentelles.*

  Nous songeons surtout ici à l'action des vents qui peuvent provoquer des dégâts importants dans les couronnes.

Nous pensons avoir démontré, par l'énumération des divers facteurs précités, toute la complexité du problème qui consiste à préciser la seule influence exercée par les pourridiés sur la productivité de l'hévéa.

Enfin, en admettant que l'étude puisse porter sur la seule influence des pourridiés, il faut encore compter avec le type de parasite et avec la gravité des attaques. Celle-ci peut, en effet, varier dans de larges mesures selon les organes intéressés — pivot, racines latérales — et aussi suivant l'étendue et la profondeur des lésions affectant ces organes.

Ces difficultés étant bien mises en évidence, nous envisagerons ce qu'il a été possible de réaliser pour approcher d'assez près le problème posé.

Dans un champ de semenceaux clonaux (descendances Tj 1 et Av 163) âgés de 7 ans environ, on a observé quotidiennement pendant 3 ans la production individuelle de tous les arbres, en même temps que l'état sanitaire était relevé à des intervalles réguliers de 4 mois .Après trois années d'observations, nous avons repéré une série d'individus de bonne productivité moyenne ([1]) qui, reconnus sains pendant longtemps, se révélaient malades au cours d'une même période donnée, en l'occurence l'intervalle de temps séparant deux rondes sanitaires.

Il était indispensable de faire porter l'étude sur des groupes d'individus reconnus malades pour la première fois au cours d'une même période afin que les courbes de production intéressant les divers sujets considérés soient comparables entre elles; en procédant de la sorte, on éliminait en effet une interférence possible des actions climatiques sur la production, ce qui eût été inévitable en recourant à des individus tombés malades à des époques différentes.

Les conditions sévères que nous avions posées comme base du choix nous laissèrent un nombre relativement réduit de sujets sur lesquels devait porter l'étude des fluctuations de productivité en fonction des cas de pourridiés.

Pour chacun des deux principaux parasites en cause, *Fomes lignosus* et *Armillaria mellea,* nous avons distingué deux cas seulement : racines infectées et pivots infectés.

Le nombre réduit d'individus appartenant à chacun des cas considérés, une trentaine au plus, ne nous a pas permis de réaliser une étude statistique capable de définir quantitativement avec toute la précision désirable les influences possibles des divers cas de pourridiés sur la productivité individuelle. Nous avons pu, tout au plus, tirer de cette étude des indications portant sur les proportions d'individus susceptibles d'accuser des fluctuations de production sous l'influence des pourridiés.

D'une manière générale, nous avons noté que les arbres observés pouvaient se rattacher, dans des proportions variables, aux quatre cas suivants :

1) Pas de modification sensible dans la productivité individuelle.
2) Chute plus ou moins accentuée de la productivité.
3) Arrêt momentané de la production.
4) Cessation complète de la production.

C'est notamment par l'étude des courbes de productivité individuelle que nous avons catalogué ainsi les hévéas observés.

---

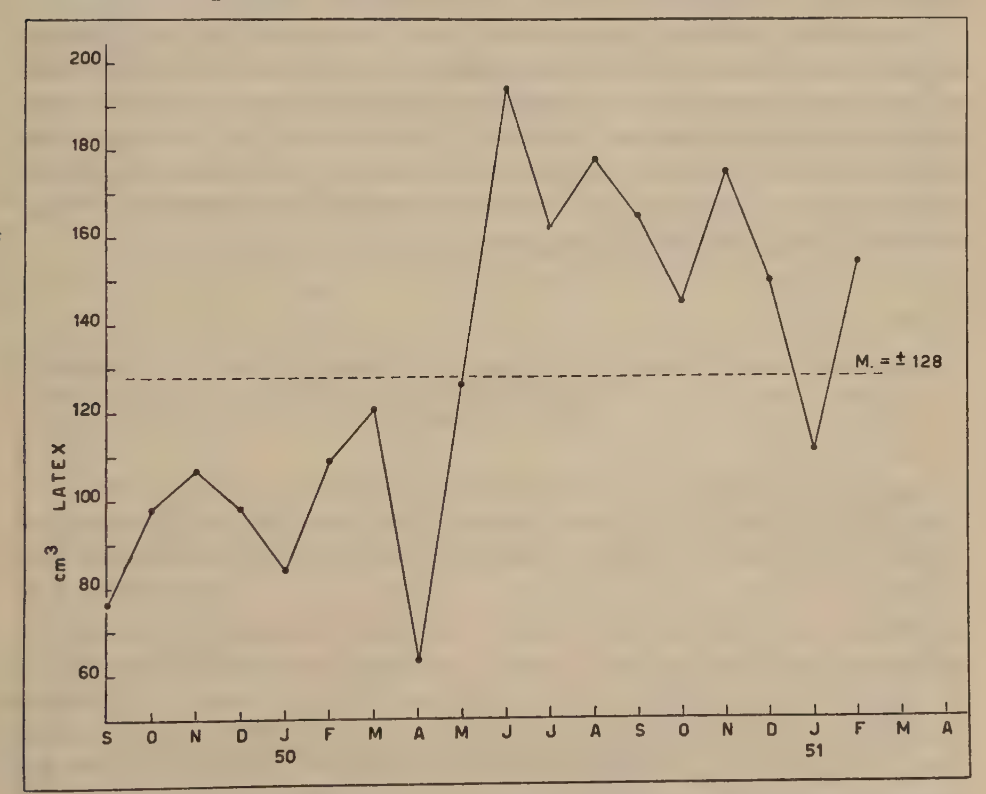
(1) Ainsi que nous l'avons fait remarquer précédemment, les mauvais producteurs semblent accuser moins nettement que les bons producteurs des fluctuations de production induites par certains facteurs du milieu. C'est pourquoi, nous avons choisi des hévéas dont le potentiel productif était au moins moyen.

La première catégorie, à laquelle se rattachera le plus haut pourcentage relatif d'individus observés, se caractérise donc par l'absence de fluctuations anormales de la production endéans les périodes considérées.

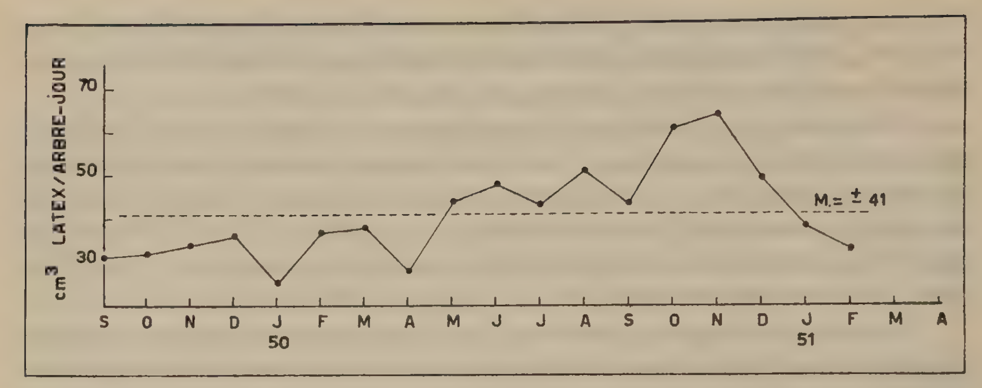
En principe, les courbes de production individuelle furent établies à partir des données recueillies, d'une part, durant les quatre mois précédant le constat de maladie et, d'autre part, au cours des quatre mois qui suivirent ce constat accompagné du traitement. Les graphiques 6 et 7 donnent les courbes de production normale de deux individus attaqués au pivot, l'un doté d'un haut potentiel productif et l'autre, médiocre producteur.

La seconde catégorie comprend des individus qui ont marqué une chute de production d'importance variable sans jamais cesser toutefois de produire.

Ces chutes de production peuvent se marquer durant des temps également très variables, allant de deux semaines à plusieurs mois. Il faut noter, à ce propos, que la baisse sensible de production peut se manifester un certain temps après le constat et le traitement du mal. Dans d'autres cas encore, la chute de production est déjà sensible avant la date à laquelle le diagnostic de maladie fut posé.



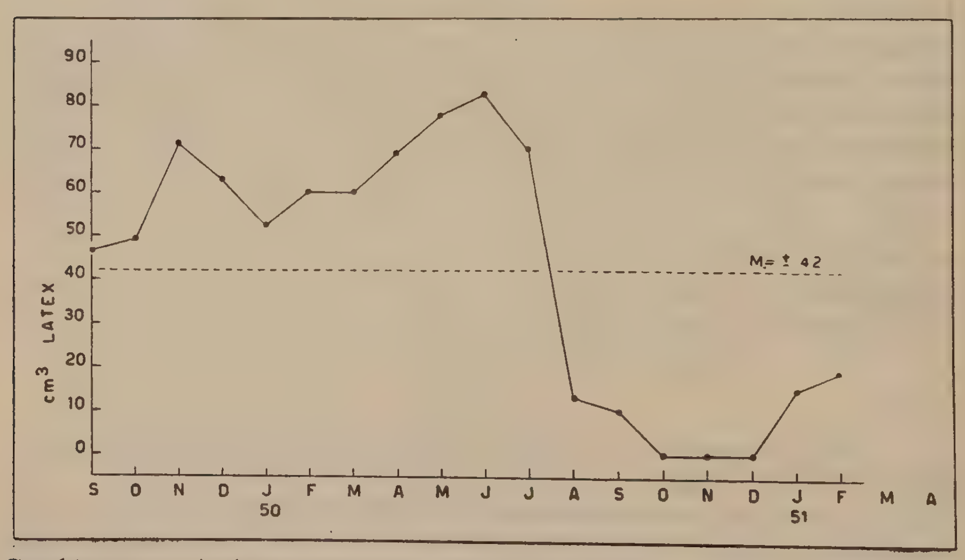
Graphique 6. — Courbe normale de productivité d'un hévéa à haut potentiel, infecté au pivot successivement par *Armillaria mellea* et par *Fomes lignosus* (infection observée dès décembre 1949).



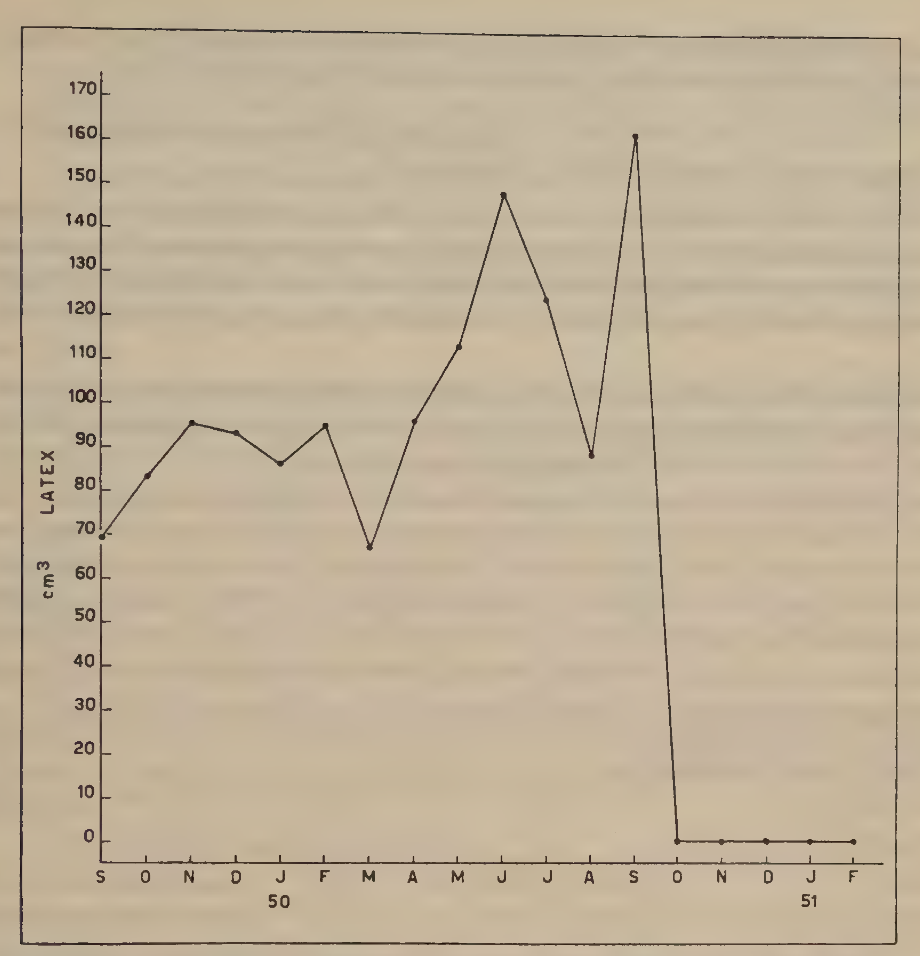
Graphique 7. — Courbe de productivité normale d'un hévéa de faible potentiel productif, infecté au pivot par *Armillaria mellea* depuis avril 1950.

L'arrêt momentané de production, constituant la troisième catégorie, comprend des hévéas dont la productivité diminue plus ou moins rapidement jusqu'à cesser complètement, et ce, durant des périodes variables de temps pouvant aller de quelques semaines à plusieurs mois (graph. 8).

Les arbres qui restent improductifs plus d'une année sont généralement des individus condamnés, que nous appelons « cas incurables ». Les besoins de l'étude nous font parfois maintenir de tels individus qui, en plantation industrielle, sont évidemment éliminés. Ce sont de tels cas qui sont inclus dans la quatrième catégorie précitée sous le vocable « cessation complète de la production ». Le graphique 9 fournit un exemple de cessation de production sous l'effet d'une attaque du pivot.



Graphique 8. — Arrêt momentané de production imputable à une infection des racines par *Armillaria mellea* (infection observée de mai à août 1950).



Graphique 9. — Cessation complète de production imputable à une grave infection du pivot par *Armillaria mellea* (infection observée pour la première fois en décembre 1949).

Nous avons groupé dans le tableau XII les données exprimant, pour chaque cas de maladie considéré, les taux relatifs d'individus se rattachant à chacune des quatre catégories exprimant le degré d'influence de la maladie sur la productivité.

Nous avons calculé séparément, pour chacun des groupes « Pivots infectés » et « Racines infectées », les taux relatifs d'individus présentant des réactions diverses en fonction du type de parasite reconnu. Comme le nombre d'arbres appartenant à chacune de ces subdivisions est souvent réduit, nous avons enfin calculé les mêmes taux précités en fonction du total des cas « *Fomes* + armillaire ».

Les taux relatifs exprimés de cette façon tout en faisant abstraction du type de parasite pour ne plus intéresser que la localisation des pourridiés,

considérés globalement, sont plus représentatifs de la réalité, du fait qu'ils sont calculés à partir d'un plus grand nombre de sujets.

Nous insistons toutefois sur le fait que les valeurs fournies sont à considérer comme de simples ordres de grandeur.

En effet, les inconnues qui subsistent dans le problème posé d'une part et les restrictions que nous fûmes amenés à souligner en exposant la technique d'observation d'autre part nous montrent à suffisance que les chiffres avancés au tableau XII ne peuvent être considérés comme des résultats définitifs.

Tableau XII. – Taux relatifs d'individus appartenant à chacune des catégories envisagées, en fonction du type de parasite et de la localisation du mal

Catégorie	Pivots infectés			Racines infectées		
	Fomes	Armillaire	*Fomes* + armillaire	*Fomes*	Armillaire	*Fomes* + armillaire
1. Absence de réaction	± 54 %	± 31 %	± 42 %	± 50 %	± 31 %	± 43 %
2. Chute de production	± 23 %	± 39 %	± 31 %	± 25 %	± 15 %	± 21 %
3. Arrêt temporaire de production	± 8 %	± 15 %	± 12 %	± 25 %	± 46 %	± 33 %
4. Cessation de production	± 15 %	± 15 %	± 15 %	—	± 8 %	± 3 %

Par contre, ces données présentent un intérêt évident en ce sens qu'elles constituent les premières indications qu'il fut possible de recueillir touchant l'influence des pourridiés sur la productivité individuelle des semenceaux clonaux d'hévéa.

Les ordres de grandeur consignés dans le tableau ci-avant permettent de faire les quelques observations suivantes :

— 30 à 50 % des individus malades ne manifestent aucune réaction décelable de leur productivité. Que ce soit pour les attaques du pivot ou des racines, il faut cependant noter que ce sont les arbres attaqués par le *Fomes* qui accusent les taux les plus élevés, respectivement 54 et 50 %.

— La chute de production se marque plus fréquemment pour les cas d'armillaire situés sur le pivot.

— L'arrêt temporaire de production est plus fréquemment attribuable à l'armillaire, que ce dernier affecte le pivot ou les racines latérales.

— Les taux d'individus qui cessent de produire sont semblables pour les cas d'armillaire et de *Fomes* qui affectent gravement les pivots. En cas d'attaque grave des racines, ce serait l'armillaire qui induirait le taux le plus élevé d'arbres non producteurs.

De ces observations préliminaires, il semblerait ressortir que l'armillaire soit plus nuisible à l'hévéa que le *Fomes,* en ce sens qu'il contribue à réduire davantage les normes de productivité. A cet égard, il faut rappeler que les indications du tableau XII fournissent pour les deux parasites un taux semblable d'individus qui cessent totalement de produire en cas d'attaque grave des pivots.

Une autre constatation qui ressort des données précitées est la responsabilité plus grande des cas d'infection du pivot dans la cessation de production et dans les chutes plus ou moins accentuées de la production des hévéas.

Outre l'étude précédente, nous avons procédé à un essai orientatif basé sur la mutilation artificielle de certaines parties du système radiculaire. Cette expérience avait pour but de préciser l'importance relative du pivot et des racines latérales comme localisation possible des pourridiés, toujours avec l'idée maîtresse de définir le rôle que jouait l'ablation de l'un ou l'autre de ces organes sur la courbe de productivité de l'hévéa.

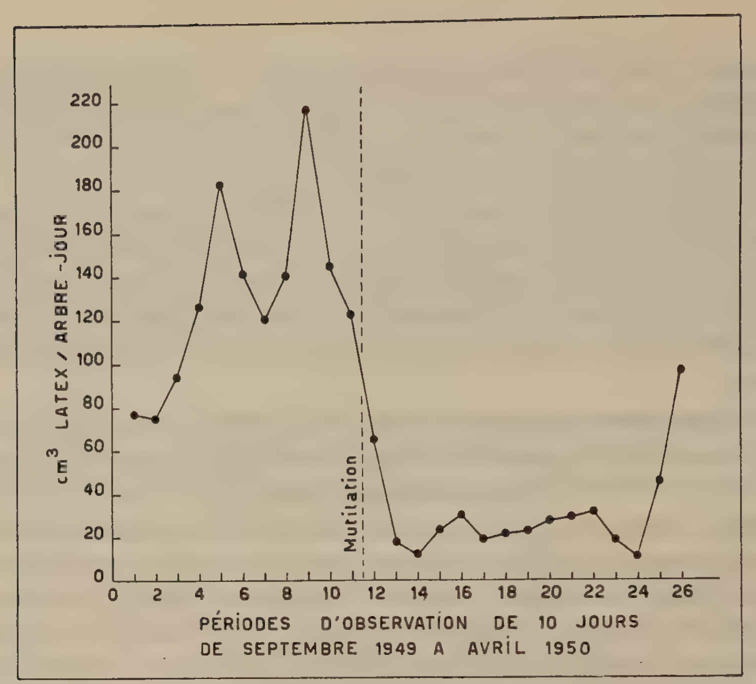
Sur des groupes de 4 arbres en production, morphologiquement normaux et reconnus sains depuis le début des observations de productivité, nous avons procédé à diverses mutilations affectant tantôt les racines, tantôt le pivot.

Les objets suivants furent réalisés :

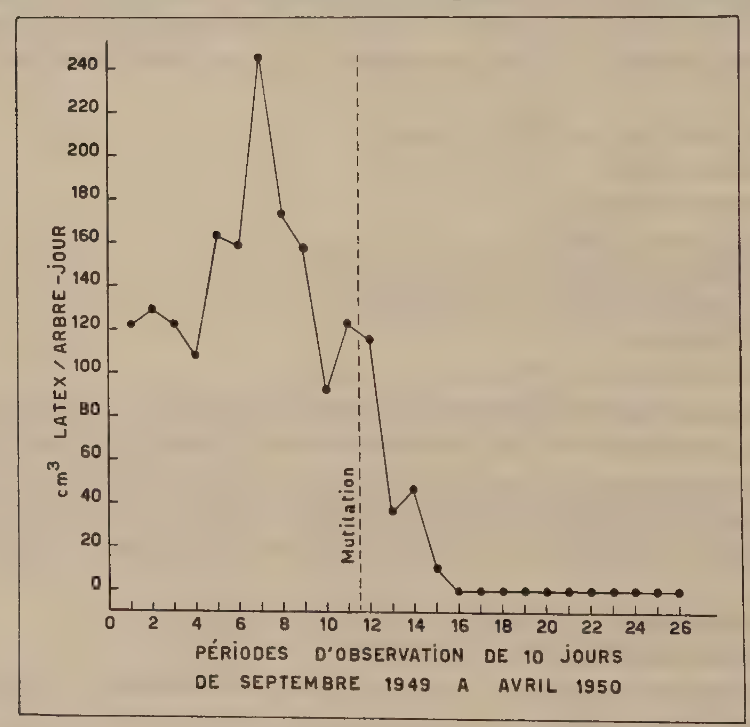
1) 1 racine coupée
2) 2 racines coupées
3) toutes racines coupées
4) pivot réduit d'un quart de son volume
5) pivot réduit de moitié de son volume
6) pivot supprimé
7) témoin (groupe de 4 hévéas non mutilés).

Pour tous les individus mutilés, nous avions tenu compte du nombre de racines latérales et de leur diamètre moyen. Comme pour l'étude précédemment décrite, on observa la production individuelle des hévéas durant les quatre mois qui précédèrent et qui suivirent la date à laquelle on procéda aux diverses mutilations prévues. Nous résumerons comme suit les résultats acquis :

1) 1 racine coupée : 1 chute de production sur les 4 cas;
2) 2 racines coupées : pas de réactions.
3) toutes racines coupées : 2 réactions dont une cessation de production (graph. 10 et 11);
4) pivot réduit de 1/4 : pas de réactions;



Graphique 10. — Chute de production marquée par un hévéa dont les racines latérales furent coupées.



Graphique 11. — Arrêt de production marqué par un hévéa dont les racines latérales furent coupées.

5) pivot réduit de 1/2 : 2 réactions dont une cessation de production (graph. 12);
6) pivot supprimé : 3 réactions dont une cessation de production (graph. 13);
7) témoin : une diminution de production de cause inconnue.

On notera que l'ablation d'une ou deux racines n'a pas donné suite à des réactions nettement marquées dans la productivité des hévéas ainsi traités.

La suppression de toutes les racines a provoqué deux réactions sur les quatre cas observés : l'une s'est traduite par une nette diminution de production et l'autre par l'arrêt complet d'écoulement du latex.

La réduction de moitié du pivot et sa suppression ont fourni, d'une manière générale, les réactions les plus nettes. Les graphiques 10 à 13 illustrent diverses réactions typiques enregistrées dans la production des semenceaux clonaux soumis à l'essai. Les données exprimées dans ces graphiques sont des moyennes de production en cm^3 de latex/arbre/jour, calculées par période de 10 jours.

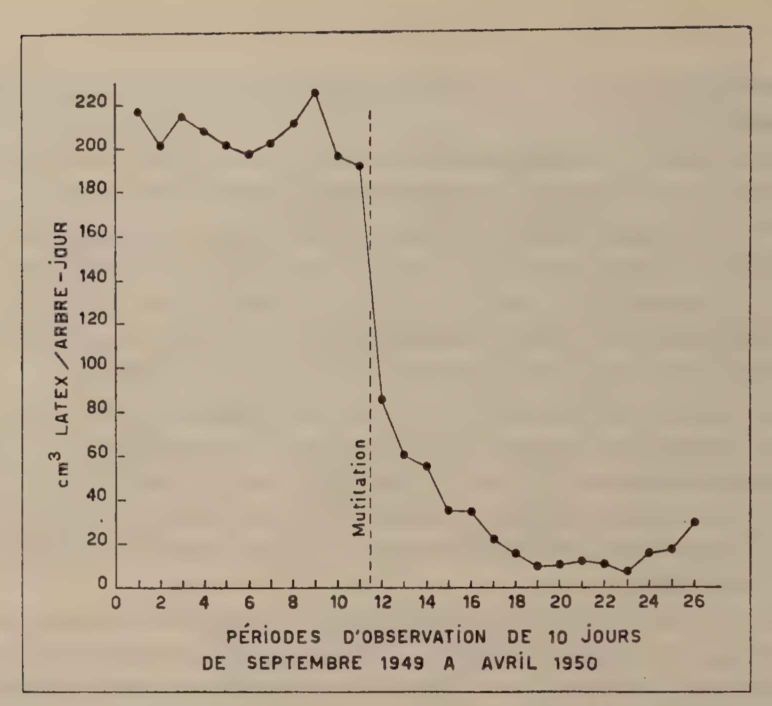
On ne peut évidemment tirer aucune conclusion de valeur définitive d'un tel essai purement orientatif; il semble toutefois se confirmer ici que la sauvegarde du pivot est bien l'objectif essentiel que doit poursuivre une méthode de lutte.

Les mutilations artificielles du pivot, tout comme précédemment les cas de pourridiés affectant cet organe, semblent bien exercer sur la production une influence plus déprimante que celle qui est attribuable à la mutilation des racines latérales.

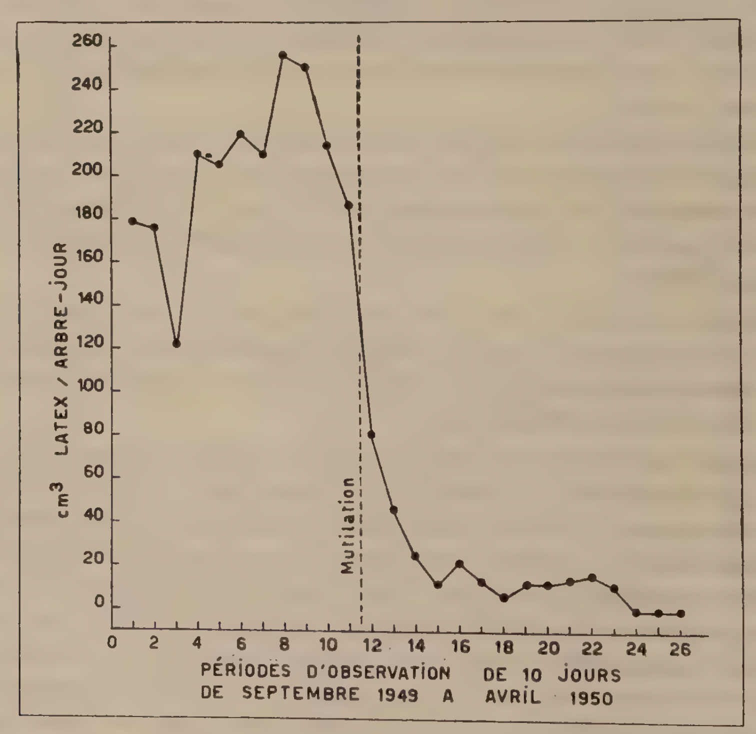
Les divers éléments acquis à la suite des expériences décrites ci-dessus ne portent évidemment que sur des proportions d'individus accusant plus ou moins nettement des réactions sous l'influence d'une réduction du système radiculaire, que celle-ci soit imputable aux pourridiés ou encore à des mutilations artificielles.

Quant à l'intensité des réactions enregistrées, la variabilité qui les affecte n'a pas permis, à partir du nombre de sujets observés, de les traduire en une expression concrète, par exemple en kg de caoutchouc perdus pour chacun des cas de pourridiés étudiés.

Comme nous le verrons ultérieurement, une telle estimation ne pourra se faire que sur la base de comparaisons portant sur la production globale de parcelles témoins et traitées. Nonobstant l'intervention de certaines perturbations inévitables — notamment la modification du potentiel individuel de production en fonction du taux d'occupation plus rapidement décroissant dans les témoins — c'est la seule méthode capable de chiffrer avec précision la chute de production induite par l'action des pourridiés. D'ailleurs, l'expression des données en production globale par unité de surface est une notion bien plus familière pour le praticien qui la jugera également plus utile à son point de vue.



Graphique 12. — Chute de production marquée par un hévéa dont le pivot fut réduit de moitié.



Graphique 13. — Arrêt de production enregistré chez un hévéa dont le pivot fut supprimé.



Fig. 112. — Hévéa adulte infecté par *Fomes lignosus* à la Station de l'INEAC à Kondo. Le pivot est gravement malade. Noter la formation de racines adventives au niveau du collet et sur une racine latérale, visible à droite. (Photo PICHEL)

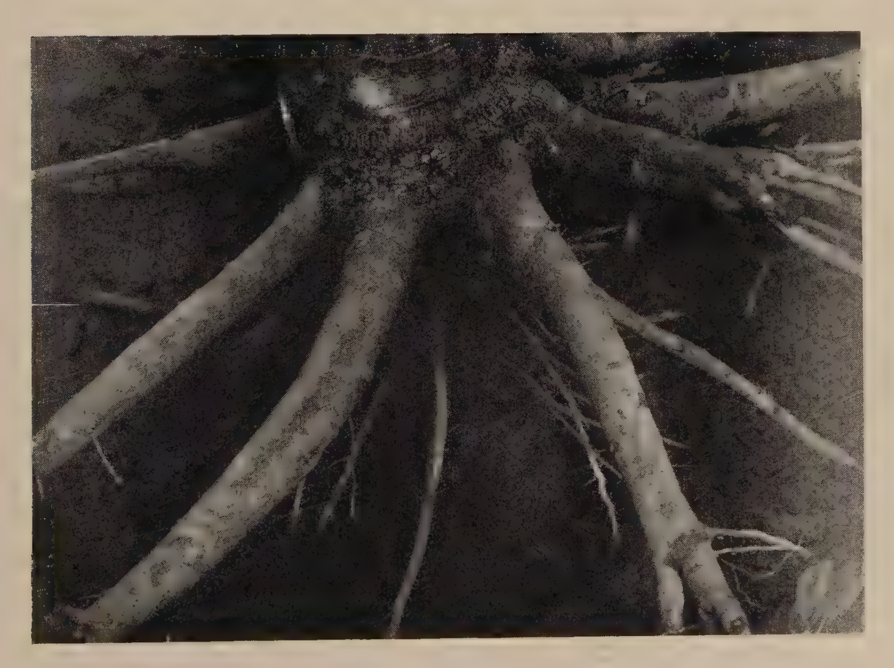


Fig. 113. — Dégagement du système radiculaire d'un hévéa adulte (9 ans). Noter la réaction à une attaque d'*Armillaria* sur une racine latérale visible à la partie supérieure droite de la photo. (Photo FALIZE)



Fig. 114. — Dégagement du système radiculaire d'un hévéa adulte (9 ans). Noter à droite la réaction d'une racine à une infection assez récente.

(Photo Pichel)



Fig. 115. — Ramification du pivot d'un hévéa à la suite d'une infection radiculaire.

(Photo Pichel)



Fig. 116. — Formation de nombreuses racines pivotantes à la suite de la destruction du pivot par un pourridié.

(Photo Pichel)



Fig. 117. — Vive réaction consécutive à la destruction du pivot d'un hévéa de 4 ans par *Armillaria mellea*. Le parasite a poursuivi sa progression sur la tige (plaques mycéliennes blanches visibles à la partie supérieure) partiellement décortiquée. (Photo FALIZE)



Fig. 118. — Vive réaction marquée par un hévéa de 4 ans à une destruction du pivot imputable à l'action d'*Armillaria mellea*.

(Photo PICHEL)



Fig. 119. — Faisceau de racines pivotantes remplaçant un pivot détruit par un pourridié.
(Photo PICHEL)

Fig. 120. — Réaction marquée par un pivot partiellement détruit par l'action des pourridiés.
(Photo PICHEL)



Fig. 121. — Formation d'un pivot ramifié sous l'action d'un pourridié. L'infection par *Fomes lignosus* persiste (carpophore résupiné au collet).
(Photo PICHEL)

§ 3. - CAPACITÉ DE RÉGÉNÉRATION DES ORGANES ATTEINTS PAR LES POURRIDIÉS

Nous avons déjà évoqué précédemment la faculté de certains hévéas de réagir aux attaques des parasites radicicoles, soit en régénérant leurs tissus malades, soit encore par la formation d'organes de remplacement destinés à suppléer à la destruction de certaines parties de leur système radiculaire. Ces réactions sont d'autant plus fréquentes et plus accentuées que les sujets sont plus âgés. Elles se manifestent sous divers aspects possibles :

— localisation de l'infection qui reste circonscrite dans des limites bien définies par l'apparition de bourrelets cicatriciels (aspect de plaie chancreuse). Ce type de réaction est surtout propre aux sujets âgés ou très vigoureux [1];

— formation d'un faisceau de racines adventives à partir des tissus restés sains des racines infectées par les pourridiés. Ces racines adventives naissent généralement au niveau d'un bourrelet de réaction qui marque le niveau auquel l'infection fut arrêtée dans sa progression (fig. 112 à 114);

— formation d'un pivot ramifié ou encore d'une quantité de racines pivotantes destinées à suppléer à la disparition de cet organe essentiel (fig. 115 à 121).

Les réactions des deux derniers types décrits se présentent chez des sujets de tout âge; il existe, cependant, une relation entre l'intensité ou la fréquence de leur apparition et l'âge du matériel considéré. En fait, on peut dire que la vigueur des sujets est déterminante à cet égard : des sujets encore jeunes, mais particulièrement bien développés, marquent cette capacité de réaction aux attaques radiculaires.

Il faut encore préciser que de telles réactions ne se marquent pas chez tous les hévéas atteints de pourridiés. D'après nos observations, nous estimons qu'elles intéressent quelque 25 % des jeunes sujets et environ 80 % des sujets âgés (⩾ 12 ans). Enfin, ces réactions n'impliquent pas nécessairement une régression complète de l'infection présente. Celle-ci peut se maintenir un certain temps et même poursuivre ses ravages (fig. 117 et 121).

(1) On retrouve encore parfois des tissus nécrosés au centre de ces plaies en voie de cicatrisation. Il est possible que, dans certaines d'entre elles, le parasite se maintienne dans un état de latence, comme LEACH l'a prétendu. Divers auteurs, avec MURRAY, en Malaisie et aux Indes, invoquaient également cette possibilité pour expliquer les dégâts dans des jeunes replantations d'hévéas qui succédaient à des champs apparemment indemnes de pourridiés.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE DE L'INCIDENCE DES POURRIDIÉS DANS LES PLANTATIONS D'HÉVÉAS DE YANGAMBI

REMARQUE PRELIMINAIRE.

L'étude de l'incidence des pourridiés dans les plantations d'hévéas constitue en fait la partie la plus importante de ce travail.

Nous étudierons l'épidémiologie des maladies radiculaires en diverses conditions et l'évolution de certains aspects de pourridiés considérés en particulier. Nous dégagerons enfin les influences que déterminent certaines méthodes culturales sur l'incidence des pourridiés dans les plantations d'hévéas.

Les diverses études précitées ont comme premier but la détermination du degré de gravité que présentent ces épiphyties en relation avec les techniques culturales qui président à l'établissement des plantations d'hévéas, ou qui accompagnent ces dernières.

Les résultats ainsi acquis nous permettront de déduire la notion d'efficacité des traitements appliqués contre les maladies radiculaires. Nous toucherons ainsi un aspect capital du problème des pourridiés, celui de l'économie de l'hévéaculture dans la Cuvette centrale congolaise.

CHAPITRE PREMIER

TECHNIQUE DES OBSERVATIONS

§ 1. - DÉSIGNATION DES ASPECTS DE POURRIDIÉS

Périodiquement, à l'occasion des rondes sanitaires réalisées dans les parcelles expérimentales, on observe l'incidence des pourridiés en tenant compte des principes suivants :

1) Examen individuel des hévéas : chaque arbre en particulier est examiné et on détermine non seulement son état sanitaire sous l'angle des maladies radiculaires, mais également sa morphologie (casse grave, recépage).

   Les observations étant consignées individuellement, il est possible de reconstituer ultérieurement, pour chaque hévéa, l'évolution de son état sanitaire dans le temps.

2) Détermination de l'agent pathogène : pratiquement, dans les conditions de Yangambi, seule la présence de *Fomes lignosus* ou d'*Armillaria mellea* est à considérer.

L'incidence des cas de maladie provoqués par *Ganoderma* est relativement très rare; dans l'éventualité où ils se présentent, on les assimile, dans les relevés, aux cas de *Fomes*.

3) Localisation des cas de maladie : on définit la présence des parasites radiculaires sur le pivot ou sur les racines latérales ou encore sur les deux simultanément.

4) Gravité du mal : suivant le degré de gravité, on peut relever, sur le système radiculaire des hévéas examinés, des aspects de pourridiés très différents. On peut trouver toute une série de manifestations nuisibles des parasites, depuis la présence de formations rhizomorphiques ténues jusqu'à des pourritures à divers stades, intéressant des portions importantes, si pas toute la masse du système radiculaire.

   Afin de mieux préciser les divers cas possibles en relation avec leur gravité réelle ou supposée, nous avons adopté un principe de classification pratique qui distingue d'une part des cas de contamination et d'autre part des cas d'infection. Nous avons défini précédemment le sens qu'il convenait d'accorder à ces vocables.

   Pour rester dans les limites pratiques, autorisant une détection rapide des cas et une interprétation possible des données d'observation, nous avons dû nous limiter à deux degrés d'attaque : l'un considéré comme pouvant être traité, c'est le cas le plus fréquent dans les champs régulièrement inspectés, et l'autre jugé incurable et susceptible de provoquer la mort de l'arbre à plus ou moins brève échéance.

Lors des examens individuels, à chaque ronde sanitaire, les cas de maladie, traduits en signes conventionnels, sont consignés directement sur le tronc des hévéas observés.

Les signes conventionnels retenus expriment à la fois la localisation du mal, son degré de gravité et l'agent pathogène en cause.

On trouvera, ci-après, la valeur des signes utilisés à Yangambi depuis le début des recherches sur les pourridiés :

— Parasite en cause : *Fomes lignosus*.

1) *Infection*.

F : cas incurable, entraînant presque certainement la mort de l'arbre (traitement irréalisable).

Θ : pivot infecté.

+ : une ou plusieurs racines infectées.

$\underset{+}{\Theta}$: racines et pivot infectés.

2) *Contamination.*

O : pivot contaminé.

— : une ou plusieurs racines contaminées.

$\underline{O}$: racines et pivot contaminés.

3) *Contamination et infection simultanément présentes.*

Les cas suivants peuvent se trouver présents sur un même arbre

$\underline{\Theta}$ $\qquad$ $\underline{\overset{\Theta}{+}}$ $\qquad$ $\overset{O}{+}$ $\qquad$ $\underline{+}$ $\qquad$ $\underline{\overset{O}{+}}$

Il existe donc douze cas possibles pour la caractérisation des attaques de *Fomes*.

— Parasite en cause : *Armillaria mellea.*

Pour l'armillaire, nous avons eu l'occasion de préciser déjà que seuls les cas d'infection sont à prendre en considération.

On les désigne par l'adjonction d'une lettre A aux signes distinctifs d'infection décrits ci-dessus pour le *Fomes*.

Les cas d'infection provoqués par *Armillaria mellea* deviennent donc :

F A $\qquad$ Θ A $\qquad$ + A

Diverses combinaisons sont enfin possibles entre les cas d'attaque d'armillaire, d'une part, et entre les cas d'attaque par armillaire et *Fomes* d'autre part.

Les signes suivants peuvent se présenter :

$\begin{matrix}\Theta A\\ +A\end{matrix}$ $\qquad$ $\begin{matrix}\Theta A\\ +\end{matrix}$ $\qquad$ $\begin{matrix}\Theta\\ +A\end{matrix}$ $\qquad$ $\begin{matrix}\Theta A\\ -\end{matrix}$ $\qquad$ $\begin{matrix}\Theta A\\ \underline{+}\end{matrix}$ $\qquad$ $\begin{matrix}\Theta\\ \underline{+}A\end{matrix}$

$\begin{matrix}\Theta A\\ \underline{+}A\end{matrix}$ $\qquad$ $\begin{matrix}O\\ +A\end{matrix}$ $\qquad$ $\begin{matrix}O\\ \underline{+}A\end{matrix}$ $\qquad$ $\underline{+}A$

Il existe donc treize cas possibles dans lesquels peut intervenir *Armillaria mellea.*

Il faut préciser que les vingt-cinq signes ci-dessus énumérés ne sont pas tous utilisés avec la même fréquence. En effet, certaines combinaisons sont rarement réalisées.

Toutes les combinaisons précitées, dont on tient compte pour la caractérisation de l'état sanitaire des hévéas observés, sont destinées à certaines études particulières, dont les résultats n'apparaîtront que dans quelques années.

En fait, pour la condensation des données en vue des études portant sur le taux de mortalité et les taux d'infection, on tient compte seulement des huit signes suivants : F; F A; Θ; Θ A; + ; + A; O et —.

Pour le regroupement des données d'observation en ces divers cas, on admet le principe suivant lequel, dans toute combinaison, c'est le symptôme le plus grave qui fournit l'indicatif du classement. Par exemple, un cas $\substack{\Theta \\ +}$ (pivot et racine infectés *Fomes*) sera classé dans la catégorie des Θ, et un cas $\substack{O \\ +}$ (pivot contaminé, racine infectée) sera classé comme + .

Ainsi, en ordre décroissant de gravité, on considère les cas : pivot infecté, racine infectée, pivot contaminé, racine contaminée.

Dans tout cas qui combine plusieurs symptômes d'infection par les pourridiés, c'est le pivot infecté qui détermine le classsement et, dans toute combinaison de symptômes d'infection et de contamination, c'est le symptôme d'infection qui sera considéré comme déterminant.

§ 2. - LA DÉTECTION DES ATTAQUES RADICULAIRES

La détection, comme d'ailleurs le traitement des cas de pourridiés, s'opère à la faveur d'un dégagement partiel des racines et du pivot des hévéas mis en observation sanitaire. Ce dégagement consiste en une dénudation complète des portions radiculaires qu'il convient d'examiner soigneusement afin d'y déceler la présence éventuelle de parasites radicicoles.

Deux questions importantes se posent *a priori*, touchant la technique même du dégagement radiculaire : c'est, d'une part, l'âge auquel les hévéas se prêtent à ce travail et d'autre part, l'importance qui peut lui être pratiquement attribuée.

1. - *L'AGE DU PREMIER DEGAGEMENT.*

Les observations d'ordre sanitaire débutent généralement sur des hévéas âgés de 2 à 3 ans (1). C'est un âge minimum imposé par la morphologie et le développement des systèmes radiculaires qui doivent subir les opérations de dégagement. Quels que soient les soins apportés à ce travail délicat, les conséquences en seraient funestes pour des sujets plus jeunes.

Diverses circonstances peuvent cependant retarder la mise en observation, soit que la vigueur des plants soit insuffisante, soit que la technique de plantation n'autorise pas un dégagement aussi précoce. Par exemple, des

(1) Il s'agit, bien entendu, des années de mise en place, abstraction faite du temps éventuellement passé en pépinière.

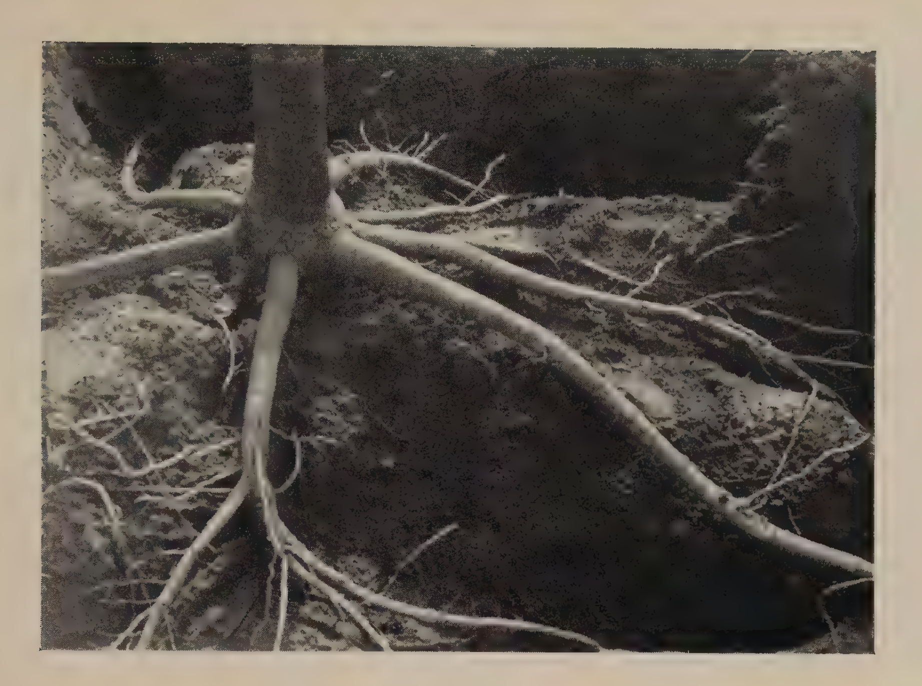


Fig. 122. — Système radiculaire latéral d'un hévéa âgé de 5 ans (plantation par stumps greffés). (Photo FALIZE)



Fig. 123. — Système radiculaire latéral d'un hévéa âgé de 5 ans (stumps greffés mis en place). (Photo FALIZE)

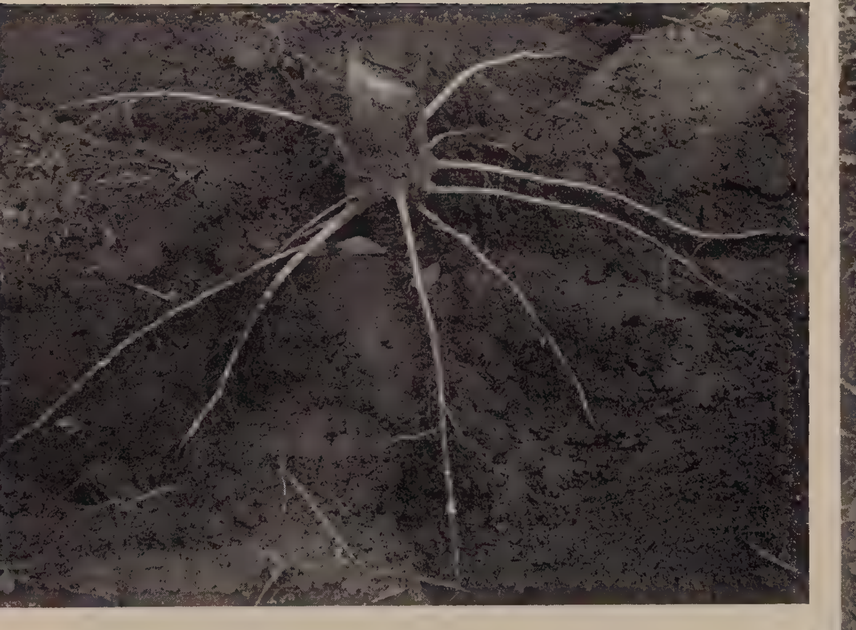


Fig. 124. — Système radiculaire peu développé chez un hévéa greffé âgé de 5 ans (stumps greffés mis en place).

(Photo FALIZE)



Fig. 125. — Système radiculaire latéral d'un hévéa greffé âgé de 5 ans. On notera la disposition particulière des racines suivant deux directions.

(Photo FALIZE)



Fig. 126. — Système radiculaire latéral d'une particulière régularité chez un hévéa greffé en place (greffe âgée de 3 ans - porte-greffe âgé de 5 ans).

(Photo Pichel)



Fig. 127. — Système radiculaire partiellement dégagé chez un hévéa greffé âgé de 11 ans.

(Photo Pichel)

hévéas greffés en place ne sont pas dégagés avant d'avoir atteint l'âge de 4 ans (âge des sujets porte-greffes). Dans les conditions de Yangambi, les observations peuvent commencer à 2 ans de plantation pour les semenceaux clonaux et pour les greffes transplantées de pépinière.

2. - *L'IMPORTANCE DU DEGAGEMENT RADICULAIRE.*

Une attaque de pourridié peut évidemment affecter le système radiculaire d'un hévéa en n'importe quel point. C'est dire que la détection de tous les cas d'attaque sur les racines ou les pivots nécessiterait un dégagement complet du système radiculaire de chaque hévéa, observé individuellement. Une telle technique, qui implique l'éradication pure et simple des individus (1), permettrait une observation instantanée de l'état sanitaire d'une plantation à un âge donné, mais n'autoriserait aucune étude poursuivie dans le temps afin de déterminer l'évolution de cet état sanitaire.

En pratique, tant pour nos propres recherches que pour l'application au stade industriel des méthodes de lutte dont nous préconiserons l'application, nous avons dû nous résoudre à réduire fortement l'ampleur des travaux de dégagement. En fait, ceux-ci affectent les racines latérales des hévéas adultes sur une longueur d'environ 50 cm à partir du collet et le pivot jusqu'à une profondeur de 25 cm calculée à partir du niveau du premier verticille de racines latérales.

Ce dégagement réduit laisse subsister une certaine proportion de cas occultes qu'il nous a paru utile de préciser, pour deux raisons majeures. D'une part, la connaissance de la proportion des cas décelables par l'application de ce dégagement réduit devait nous fournir un élément d'appréciation important touchant l'efficacité de la détection et, partant, la proportion des cas soumis au traitement. D'autre part, nous pouvions envisager, sur la base des renseignements obtenus, une modification éventuelle des normes de dégagement, si la proportion des cas repérés était jugée vraiment trop faible par rapport à l'infection totale existante.

Nous avons donc procédé dans deux champs de greffes, respectivement âgées de 5 et 9 ans, à une laborieuse expérience qui consista à dégager complètement les systèmes radiculaires des hévéas afin de déterminer, d'une part, l'infection totale présente et, d'autre part, l'efficacité relative de la détection dans l'éventualité de dégagements affectant des portions de plus en plus importantes des systèmes radiculaires (fig. 122 à 127).

Nous examinerons séparément chacun des deux essais réalisés sous les dénominations reprises ci-après de « Essai I » et « Essai II ».

(1) L'examen complet des pivots nécessite en effet leur arrachage au treuil après un important dégagement réalisé manuellement.

1. - ESSAI I.

a) *Historique du champ observé.*

Le champ semencier, objet du premier essai, fut établi sur l'emplacement d'une forêt primaire abattue en 1943. Le défrichement s'accompagna d'incinération et d'un essouchement sommaire. Le *Derris,* qui constitua l'avant-culture, fut établi en août 1944 et récolté en 1946-1947 au moyen d'un labour.

La plantation d'hévéas fut réalisée en juin 1948, à l'aide de stumps greffés, soit 5 ans après l'abattage de la forêt. La couverture est constituée de *Flemingia,* établi par semis dès avant la plantation d'hévéas, et d'un mélange d'espèces locales apparues naturellement.

Aucune inspection sanitaire ne fut réalisée sur ces hévéas, âgés de 5 ans, au moment des travaux de dégagement complet; ceux-ci furent, en effet, commencés en juin 1950.

Quelque 70 arbres furent examinés individuellement.

b) *Travaux réalisés - Observations.*

On a procédé à un dégagement complet du système radiculaire des arbres observés. Les racines latérales furent d'abord dégagées sur toute leur longueur jusqu'au stade de réduction de leur diamètre à la grosseur d'un crayon. On détermina le nombre de racines appartenant à chaque arbre, ainsi que leurs dimensions ([1]). Enfin, on dénombra tous les cas de pourridiés, considérés globalement en tenant compte de la gravité de l'affection et de la distance calculée depuis le collet à partir de laquelle les divers cas relevés étaient décelables.

La seconde phase du travail consista à dégager entièrement les pivots immédiatement après abattage de la partie aérienne afin d'éviter des accidents qui n'auraient pas manqué de survenir, par renversement des arbres privés de leur ancrage naturel.

Les pivots bien dégagés sur toute leur profondeur ([2]) furent extraits des cavités ouvertes, au moyen de câbles et treuils, afin de permettre un examen approfondi.

c) *Résultats des observations.*

Nous avons condensé les résultats de nos observations sur les racines latérales dans le tableau XIII pour lequel nous préciserons la manière d'interpréter les données qui y sont consignées.

(1) Cette partie des observations, portant sur les dimensions des racines, est destinée à une autre étude touchant la morphologie du système radiculaire de l'hévéa.

(2) Ici aussi, on dut évidemment adopter une limite pratique déjà signalée pour le cas des racines latérales, soit la réduction du diamètre de l'organe jusqu'à une grosseur négligeable.

Tableau XIII. — Taux de racines malades décelés par des ouvertures de plus en plus grandes (calculés par fractions de 25 cm d'accroissement de rayon)

Distance à partir du du collet (en cm)	Cas d'infection		Cas de contamination		Total des sujets atteints	
	Nombre (1)	%	Nombre (2)	%	Nombre (1) + (2)	%
25	2	6,5	13	56,5	15	27,8
50	6	19,4	16	69,6	22	40,7
75	12	38,7	18	78,3	30	55,6
100	16	51,6	18	78,3	34	63,0
125	21	67,7	19	82,6	40	74,1
150	26	83,9	22	95,7	48	88,9
175	30	96,8	22	95,7	52	96,3
200	31	100,0	23	100,0	54	100,0

L'examen a porté sur un total de 495 racines, dont 441 saines et 54 malades, celles-ci représentant donc 10,9 % des racines examinées.

Parmi les racines malades, on notait 23 cas de contamination et 31 cas d'infection, soit des proportions respectives de 42,6 % et 57,4 % du total des malades.

On se rendra compte, par l'examen des données du tableau XIII, que la totalité des racines malades est décelée par une ouverture ayant porté sur un rayon moyen de 2 mètres à partir du collet des arbres observés. Les valeurs minima et maxima relevées sur la longueur des racines furent respectivement de 18 cm et 520 cm.

La présentation des données du tableau est assez simple. En regard de chaque distance considérée à partir du collet (première colonne), nous donnons successivement les nombres de cas d'infection, de contamination et leur total, chacune de ces données étant affectée du pourcentage calculé en fonction du nombre total de cas intéressant chacun des groupes «cas d'infection», « cas de contamination » et « total des sujets atteints ».

Par exemple, l'ouverture jusque 25 cm du collet a permis de déceler deux cas d'infection (soit 6,5 % du total de ces cas) et 13 cas de contamination (56,5 % du total de ces cas), soit au total 15 racines atteintes représentant 27,8 % du total des racines reconnues affectées par les pourridiés.

Les ouvertures suivantes (jusque 50 cm, 75 cm, etc.) donnent lieu aux mêmes calculs, les nombres de cas de racines « infectées » et « contami-

nées » étant cette fois cumulés. Ainsi, le nombre de racines infectées est passé de 2 à 6 cas, entre 25 et 50 cm; c'est dire que, sur cette distance supplémentaire soumise à l'observation, on a enregistré 4 nouveaux cas.

Lors de l'inspection normale qui avait précédé l'étude dont il est question ici, l'ouverture au pied des hévéas porta sur ± 40 cm de rayon autour des collets. Cette inspection permit la détection de 17 cas de pourridiés, soit 31,5 % du nombre total des racines atteintes.

Cette observation montre que la première ouverture normale réalisée n'a permis de déceler qu'un tiers des cas de pourridiés réellement présents dans le champ. Il eut fallu porter l'ouverture à 50 cm pour détecter 40 % des cas et à 75 cm pour en repérer une bonne moitié.

Nous aurons l'occasion de commenter plus loin les aspects d'ordre pratique et économique de ces observations.

Les examens réalisés sur les pivots ont permis de chiffrer à 17 le nombre de cas de pourridiés; ceux-ci comportaient 11 cas de contamination et 6 d'infection, soit des proportions respectives de 64,7 % et 35,3 % du total des arbres atteints. Les pivots atteints représentaient 24,6 % du nombre total de pivots examinés.

La répartition des cas observés, en fonction de leur localisation sur la longueur du pivot, figure au tableau XIV.

Tableau XIV. — Répartition des cas d'atteinte du pivot par les pourridiés en relation avec la profondeur du dégagement

Profondeur à partir du collet (en cm)	Cas d'infection	Cas de contamination	Total de sujets atteints
25	—	5	5
50	1	10	11
75	4	10	14
100	6	11	17
125	—	—	—
150	—	—	—

L'ouverture normale à 25 cm de profondeur a permis la détection de 5 cas de contamination, soit moins de 30 % du total des cas de pourridiés affectant les pivots.

On notera à ce propos que les 6 cas d'infection, représentant 35 % des sujets atteints, n'ont pas été décelés par le dégagement normal de 25 cm de profondeur.

De cet essai, il ressort donc en première analyse les quelques constatations suivantes :

— Le champ est relativement peu infecté, en tenant compte que la plantation n'a été établie que cinq ans après le défrichement, lui-même accompagné d'un essouchement sommaire. Il y a en effet 10 % des racines et 24 % des pivots qui sont reconnus atteints de pourridiés lors du dégagement total.

— La ronde sanitaire normale aurait permis de déceler, *grosso modo*, un tiers des cas de pourridiés, tant sur les racines que sur les pivots (exactement 31,5 et 30 % des cas présents).

— Le dégagement des racines sur 75 cm de longueur aurait mis en évidence plus de la moitié des cas de pourridiés. De même, une profondeur de dégagement de 50 cm sous le niveau du premier verticille des racines aurait permis de déceler la même proportion (± 50 %) des cas affectant les pivots.

En pratique, il apparaît que de telles normes de dégagement sur des hévéas de 5 ans ne seraient pas sans danger pour l'équilibre des arbres, surtout dans des sols légers.

2. - ESSAI II.

a) *Historique du champ observé.*

Le champ semencier, objet de notre seconde expérience, fut établi au moyen de stumps greffés en 1942. L'abattage de la forêt, suivi d'incinération, s'était réalisé la même année. On procéda enfin à l'installation d'une couverture de *Pueraria*.

Ce champ subit des inspections sanitaires, dont la première se réalisa en novembre 1945, soit 3 ans après la plantation. La dernière inspection eut lieu en mars 1950, soit à 7 1/2 ans. Lorsque le champ fut soumis à nos essais en août 1951, soit quand les hévéas étaient âgés de 9 ans, les inspections sanitaires étaient donc abandonnées depuis 16 mois environ.

b) *Travaux réalisés - Observations.*

Sur 128 arbres, occupant une parcelle de ± 1 ha, on réalisa un dégagement complet des systèmes radiculaires suivant le même processus déjà décrit pour l'essai précédent.

Sur les racines et pivots dégagés, au cours des deux phases successives du travail, on procéda aux mêmes observations déjà signalées précédemment : nombre de racines et dimensions; cas de pourridiés avec leur localisation en fonction de la distance qui les sépare du collet; dimensions des pivots et cas de pourridiés observés en fonction de la profondeur atteinte par le dégagement.

Les observations portant sur les pivots furent ici plus poussées que dans le précédent essai. On enregistra en effet, pour chacune des profondeurs envisagées, la proportion des cas imputables à chacun des parasites reconnus : *Fomes lignosus, Armillaria mellea* et *Ganoderma* sp.

c) *Résultats des observations.*

Nous allons d'abord envisager les résultats de nos observations portant sur les racines latérales. Les données recueillies sont condensées dans le tableau XV, dont la présentation est établie suivant le même principe déjà exposé dans le premier essai.

Tableau XV. — Taux de racines atteintes, décelés par des ouvertures de plus en plus grandes (calculés par fractions de 25 cm d'accroissement de rayon)

Distance à partir du collet (en cm)	Cas d'infection		Cas de contamination		Total des sujets atteints	
	Nombre (1)	%	Nombre (2)	%	Nombre (1) + (2)	%
25	101	31,5	24	36,9	125	32,5
50	175	54,7	38	58,5	213	55,3
75	219	68,4	51	78,5	270	70,1
100	278	86,9	53	81,5	331	86,0
125	288	90,0	58	89,2	346	89,8
150	299	93,4	63	96,9	362	94,0
175	303	94,7	64	98,5	367	95,3
200	313	97,8	65	100,0	378	98,2
225	315	98,4	65	100,0	380	98,7
250	316	98,7	65	100,0	381	99,0
275	317	99,1	65	100,0	382	99,2
300	318	99,4	65	100,0	383	99,5
325	318	99,4	65	100,0	383	99,5
350	318	99,4	65	100,0	383	99,5
375	318	99,4	65	100,0	383	99,5
400	319	99,7	65	100,0	384	99,7
425	320	100,0	65	100,0	385	100,0

Ce tableau donne la répartition des cas observés en fonction de la distance qui les sépare du collet et ce jusqu'à un cas extrême relevé à 4,25 m de l'arbre. Ici également, le cumul des cas observés est réalisé par fractions successives de 25 cm d'accroissement du dégagement.

Les observations ont porté sur un total de 1.252 racines, dont 867 étaient saines et 385 furent reconnues atteintes de pourridiés, soit un taux de 30,7 % par rapport au total dénombré.

Parmi les racines atteintes de pourridiés, on note 320 cas d'infection et 65 cas de contamination, soit des proportions respectives de 83,1 et 16,9 % du total des racines atteintes.

La presque totalité des cas de pourridiés fut détectée par une ouverture moyenne de 2 mètres de rayon autour des collets (98 % des cas).

Lors de la ronde sanitaire normale qui avait précédé les travaux de dégagement total, on avait détecté 207 racines atteintes de pourridiés, soit 54 % des cas existants, avec une ouverture moyenne de 50 cm de rayon autour des collets [1]. Ceci correspond bien aux données enregistrées dans le tableau pour le dégagement de 50 cm et révèle la capacité des travailleurs entraînés à respecter des normes fixées.

Ainsi, dans le présent essai, l'ouverture normale sur ± 50 cm a permis la détection de plus de la moitié des cas de pourridiés sur les racines latérales.

En ce qui concerne la localisation des attaques de pourridiés sur les pivots, on trouvera dans le tableau XVI la répartition des taux de contamination et d'infection imputables aux divers pourridiés, en relation avec la profondeur du dégagement opéré. On a tenu compte ici de l'incidence relative des trois pourridiés (*Fomes, Armillaria, Ganoderma*) afin de déterminer s'il n'existait pas une profondeur limite pour le développement de l'un d'eux.

Les diverses colonnes du tableau donnent, pour les diverses profondeurs, les nombres de cas cumulés, ainsi que les taux relatifs correspondants, calculés en fonction du total des cas considérés pour chaque pourridié. Pour le *Fomes,* nous avons subdivisé les cas observés en « infection » et « contamination ». Pour l'*Armillaria,* il n'y avait évidemment que des cas d'infection.

Le total des cas d'atteinte par pourridiés, qui se chiffre à 62, affecte en réalité 55 pivots. Il y eut en effet 7 pivots qui présentaient deux affections distinctes. Ainsi, par rapport à la population globale prise en observation (128 arbres), le taux d'arbres atteints au pivot était de 43 %.

Sur le total des cas de pourridiés enregistrés, le *Fomes*, le *Ganoderma* et l'*Armillaria* intervenaient respectivement pour 35,5, 12,9 et 51,6 %.

On notera, dans le même tableau, que le dégagement jusqu'à 25 cm de profondeur sous le premier verticille de racines avait permis la détection de 32,2 % des cas de pourridiés affectant les pivots. Au cours de la ronde

(1) Dans la pratique, il est évident que cette norme d'ouverture est approximative. Pour la constitution du tableau XV, par contre, la localisation des cas a été déterminée par des mesures précises.

Tableau XVI. — Taux d'infection et de contamination imputables aux divers pourridiés en relation avec la profondeur du dégagement

Profondeur de dégagement (en cm)	*Fomes lignosus*				*Ganoderma*		*Armillaria*		Total des sujets atteints	
	Infection		Contamination		Infection		Infection			
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
25	3	20,0	1	14,3	2	25,0	14	43,7	20	32,2
50	5	33,3	3	42,8	2	25,0	20	62,5	30	48,4
75	7	46,6	4	57,1	2	25,0	23	71,9	36	58,1
100	10	66,6	6	85,7	5	62,5	25	78,1	46	74,2
125	11	73,3	6	85,7	6	75,0	29	90,6	52	83,9
150	13	86,6	6	85,7	7	87,5	31	96,9	57	91,9
175	15	100,0	7	100,0	8	100,0	31	96,9	61	98,4
200	15	100,0	7	100,0	8	100,0	32	100,0	62	100,0
Total des cas	15	22	7		8		32		62	
% par parasite		35,5			12,9		51,6		100	

sanitaire qui précéda les travaux de dégagement, on avait détecté 37,1 % des cas, pour une profondeur théorique de 25 cm. Cette différence est imputable au fait que, lors du dégagement normal des pivots, la profondeur assignée est fréquemment dépassée par les ouvriers. D'abord, il est plus aisé de dégager une partie du pivot qu'une racine latérale, ce qui autorise la tendance à accentuer le creusement du sol autour des pivots. Ensuite, des accumulations de caoutchouc au collet, parfois induites par dérivation accidentelle (pluies, fragments d'écorce) du flux normal de latex qui s'écoule alors le long des troncs jusqu'au collet, peuvent laisser croire à une invasion du tronc par l'armillaire, progressant depuis le pivot.

On notera encore que, pour obtenir dans la détection des affections du pivot la même proportion de 54 % qui fut obtenue pour les cas intéressant les racines, il eut fallu creuser jusqu'à près de 75 cm de profondeur.

Nous ferons encore quelques remarques touchant les profondeurs extrêmes, auxquelles nous avons pu retrouver des lésions imputables à chacun des trois parasites considérés :

— Dans quelques cas d'infection du pivot par une racine latérale, nous avons pu retracer la propagation de la maladie sur le pivot jusqu'à une profondeur de ± 2 m (propagation du haut vers le bas).
— Nous avons décelé 5 cas de pourridiés — 4 imputables au *Ganoderma* et 1 au *Fomes* — dont le point d'infection se situait à 1,50 m de profondeur (propagation de bas en haut).
— Nous avons observé enfin trois cas d'*Armillaria* dont le point de départ de l'infection fut retrouvé à 2,50 m de profondeur. Un autre cas d'armillaire enfin se poursuivait au delà de 2,50 m de profondeur, niveau à partir duquel les tissus du pivot étaient décomposés à un tel point qu'une reconnaissance plus approfondie se révélait impossible. Selon toute vraisemblance, le foyer d'infection était constitué par un débris de souche forestière qui fut trouvé infecté à 3 m de profondeur.

Nous noterons enfin que le *Ganoderma* se manifeste par 8 cas d'infection du pivot, ce qui le fait intervenir pour 12,9 % des cas enregistrés pour les trois pourridiés. Cette proportion, qui n'est pas négligeable, semble contredire certaines de nos affirmations antérieures suivant lesquelles l'intervention du *Ganoderma* dans les taux d'infection des champs d'hévéas n'atteindrait jamais des valeurs élevées.

Il faut préciser à ce propos que cette opinion fut logiquement déduite de la somme des observations réalisées dans des conditions normales d'ouverture, telles qu'elles seront définies par les principes d'application de la méthode de lutte.

Dans ces conditions, le *Ganoderma* n'est jamais apparu comme susceptible de prendre une importance notable dans le taux d'infection des plantations.

L'un des résultats intéressants de notre expérience de dégagement total a été de montrer l'incidence possible de pourridiés attribuables au *Ganoderma* et ce, dans des proportions non négligeables.

Il faut noter, par contre, que cette proportion d'attaques par ce dernier champignon ne fut pas enregistrée dans l'essai précédent, où, en fait, on ne détermina que quelques cas douteux d'atteinte radiculaire.

Si cette observation devait se reproduire lors d'essais analogues portant sur des plantations d'âges très différents, il faudrait en déduire que le *Ganoderma* tendrait à se manifester à partir d'un âge assez avancé de la plantation, ce qui rejoindrait les constatations fréquemment faites en Extrême-Orient. On se souvient en effet que l'essai II portait sur un champ âgé de 9 ans, alors que le premier intéressait une parcelle de 5 ans.

Cette observation est enfin à rapprocher d'une remarque que nous fîmes précédemment touchant l'apparition des carpophores de ce champignon; ceux-ci ne se développaient sur les débris laissés par un défrichement qu'endéans des périodes de temps assez longues. Ces faits d'observation sont à mettre en relation avec la lenteur reconnue du développement de cet organisme.

3. - *CONCLUSIONS.*

Les résultats des deux essais précédents nous ont montré que l'ouverture normale, qui est réalisée lors des rondes sanitaires, ne permet de détecter qu'une certaine fraction, plus ou moins importante, des cas de maladies radiculaires affectant une plantation. Dans le premier essai décrit, on enregistrait dans un champ de 5 ans, pour un dégagement moyen de 40 cm de rayon autour des hévéas et de ± 25 cm de profondeur, un tiers des cas de pourridiés seulement, tant sur les racines latérales que sur les pivots. Dans le second essai, sur un champ de 9 ans où l'ouverture portait sur ± 50 cm de rayon autour des collets et sur ± 25 cm de profondeur autour des pivots, on détecta 54 % et 37 % des cas de pourridiés affectant respectivement les racines et les pivots.

Ainsi, l'efficacité de la détection semble avoir été plus grande dans le second essai. En réalité, l'accroissement constaté du taux de cas décelables dans ce dernier essai est dû non seulement au dégagement plus important, du fait de l'âge plus avancé de la plantation, mais également aux conditions d'infection nettement plus élevées qui règnent dans cette plantation. On sait, en effet, qu'elle fut établie directement après défrichement de la forêt primaire et que les rondes sanitaires étaient interrompues depuis 16 mois environ.

L'une des questions importantes que l'on peut se poser — et qui fut d'ailleurs à la base de notre décision d'entreprendre les expériences décrites ci-dessus — est de savoir s'il est intéressant, en pratique, de pousser le déga-

gement au delà des normes fixées par la méthode de lutte actuellement préconisée et dans quelle mesure l'efficacité accrue de la détection s'avérerait rentable, malgré les frais supplémentaires qu'impliquent les travaux poussés au delà des normes habtiuelles.

Il nous est actuellement impossible de répondre avec précision à ce problème. Des expériences prévues à brève échéance nous permettront, cependant, d'apporter la lumière nécessaire sur cette question fondamentale.

Il est, en effet, du plus haut intérêt d'envisager l'application d'une solution qui consisterait à dégager des portions plus importantes du système radiculaire, donc d'accroître l'efficacité de la détection et partant du traitement, et en même temps d'espacer davantage l'application des rondes sanitaires.

Nous insistons sur le fait que cette dernière conception est pour l'instant à un stade purement théorique. L'expérience seule établira dans quelle mesure elle pourra s'appliquer en pratique, si toutefois elle s'avère applicable.

Le dégagement des racines latérales, sur 1,25 m par exemple, aurait permis la détection de 75 % des cas pathologiques dans le premier essai et de 90 % dans le second. De même, une profondeur de dégagement des pivots, portée à 75 cm par exemple, aurait mis en évidence 80 et ± 60 % des cas pathologiques, respectivement dans le premier et dans le second essai. *A priori,* une telle méthode de travail présente divers avantages. Parmi les plus marquants, il faut signaler : le traitement applicable à la majorité des cas de maladie existants et surtout le maintien de portions radiculaires saines beaucoup plus conséquentes que dans le cas d'un dégagement réduit aux normes du traitement actuel.

La sauvegarde des hévéas serait ainsi mieux assurée, semble-t-il. Par contre, pour que la méthode précitée reste économique, il faudrait que son efficacité soit telle qu'elle autorise une réduction de la fréquence d'application des rondes sanitaires (par exemple, que les fréquences de 4 et 6 mois puissent devenir 8 et 12 mois). Dans ces conditions, on n'utiliserait pas un contingent de main-d'œuvre plus élevé, car un dégagement unique des racines, portant sur 125 cm tous les 8 ou 12 mois par exemple, demandera relativement moins de main-d'œuvre que deux dégagements de 50 cm à intervalle de 4 ou 6 mois.

Parmi les inconvénients prévisibles d'un tel type de dégagement, il faut signaler ceux-ci :

— il serait inapplicable sur les jeunes hévéas, dont les racines sont insuffisamment développées pour subir sans dommage un dégagement important;
— particulièrement en sols légers et pour des clones à charpente puissante ou mal équilibrée, les risques de chablis seront grands.

A ce propos, il est possible que l'on doive envisager une recharge de certaines des portions dégagées jusqu'à ramener la partie exposée au stade d'une ouverture classique.

Comme on peut en juger par ces quelques considérations, le problème posé est complexe et il ne pourra être résolu que par des expériences bien conduites.

Les essais réalisés, tout en confirmant l'importance relative que peuvent prendre les cas d'armillaire dans l'infection totale d'une plantation, ont fait apparaître l'existence d'un taux non négligeable de cas imputables au *Ganoderma* dans une plantation de 9 ans soumise à un dégagement affectant tout le système radiculaire.

Les profondeurs maxima auxquelles furent repérés des pourridiés montrent que, dans les conditions de sols à Yangambi, des infections sont possibles jusqu'à 3 m, du moins en ce qui concerne les cas imputables à *Armillaria mellea*. Des cas d'infection par *Fomes* et *Ganoderma* se propageaient jusqu'à 2 m de profondeur.

A ce propos, nous devons rappeler les travaux de SOESMAN [253] qui étudia particulièrement le problème de l'essouchement et de la profondeur à laquelle il convenait de l'exécuter, en vue d'éviter l'infection dans les replantations. Cet auteur signale des cas d'attaque de *Fomes* jusque 3 m de profondeur sur des pivots; il citait des foyers d'infection, constitués par des débris de souches, jusqu'à la profondeur de 4 m. SOESMAN, sur la base de ces observations, soulignait la précarité de la méthode d'inspection des vieux arbres à essoucher, laquelle consistait à dégager les racines et le pivot sur 60 cm seulement.

Les observations que nous avons faites, comme celles de SOESMAN, démontrent qu'un essouchement partiel, tel qu'il est souvent réalisé, pour des raisons d'économie, n'élimine pas le danger d'infection dans la première plantation ou dans la replantation, suivant que l'essouchement porte sur un défrichement forestier ou sur une plantation d'hévéas à rajeunir.

Il ressort enfin des observations réalisées que les normes adoptées pour le dégagement des systèmes radiculaires permettent de déceler une fraction de moins de 50 % des cas d'attaques par les parasites radicicoles, affectant réellement une plantation d'hévéas adultes. Cette imprécision de la détection des pourridiés fera l'objet d'un commentaire particulier lorsque nous envisagerons plus loin les modes d'expression des résultats d'observations.

§ 3. - UTILISATION DES DONNÉES D'OBSERVATION

Les états sanitaires des hévéas, exprimés par des signes conventionnels directement inscrits sur les arbres au moment de chaque ronde phytosanitaire, sont transcrits sur des plans parcellaires à l'occasion de relevés effectués en

champ. A partir de ces relevés, on transpose les signes sur les registres des observations des champs considérés.

La figure 128 ci-après donne un exemple de la disposition retenue pour ces registres d'observations. Ainsi qu'on peut en juger, il est possible de suivre l'évolution sanitaire de chaque arbre pris en particulier.

Champ : seedlings 1946
Parcelle : N° 55
Clone : Y 24/44
Traitement : Standard Yangambi

Ligne	N° arbre	Ronde sanitaire									
		1e	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e
4	117	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	118	x	x	x	O (souligné)	Θ + (souligné)	/F/	•	•	•	•
	119	O + A	O +	Θ	Θ	x	x	+ A	x	x	x

Fig. 128. — Page modèle d'un registre d'observations.

Pour la transcription des cas observés au champ dans le registre des observations, on utilise encore quelques signes particuliers pour désigner les arbres morts, éclaircis, sains, recépés ou disparus :

/F/ : arbre mort des suites d'une attaque de *Fomes*.
/A/ : arbre mort des suites d'une attaque d'*Armillaria*.
x : arbre sain.
E : arbre éliminé pour une autre cause que les pourridiés (éclaircie).
R : arbre recépé.
• : arbre disparu (précédemment mort des suites de maladies radiculaires ou éliminé pour une autre cause).

La constitution de ce registre d'observation est suivie de l'établissement d'une première fiche dite de « synthèse », qui donne les résultats du regroupement des divers cas observés lors de chaque ronde sanitaire. Un modèle de « fiche de synthèse » est présenté à la figure 129.

Cette fiche va servir de base à la réalisation des calculs destinés à exprimer l'état sanitaire des champs considérés et l'évolution du mal.

Champ : Famille Tj 1 — Traitement : Standard Yangambi

11e Ronde sanitaire

N° parcelle	Densité initiale (D.I.)	Disparus avant le 18-8-49	Densité réelle (D.R.)	Enlevés F du 22-7-48 au 18-8-49	Arbres F	Eclaircis	Sains au 18-8-49	Infectés								Contaminés				Total des sujets infectés et contaminés
								Θ	Θ / −	Θ / +	Θ / ±	O / +	±	+	Total	○	O / −	−	Total	
1	640	304	336	15	0	0	238	14	1	10	1	4	0	48	78	0	0	5	5	83

Fig. 129. — Modèle de « fiche de synthèse » destinée au regroupement des cas observés après chaque ronde sanitaire.

§ 4. - MODES D'EXPRESSION DES RÉSULTATS D'OBSERVATIONS

Les observations réalisées nous permettent de définir l'état sanitaire d'une population d'hévéas en recourant à divers modes d'expression : par exemple, les taux d'individus morts des suites d'attaques de pourridiés ou encore les taux d'arbres trouvés sains ou malades pendant des temps déterminés.

Nous obtiendrons des taux absolus si nous rapportons toutes nos observations à une même valeur de départ, par exemple la densité initiale de plantation ou encore la densité existante lors de la mise en observation de la population. Nous aurons au contraire des taux relatifs si ces observations sont chaque fois rapportées à la densité réelle de la population lors de chaque observation.

L'établissement de taux absolus, capables de donner une idée de l'évolution d'un état sanitaire dans le temps, est certes la méthode la plus intéressante. Elle rencontre, toutefois, quelques obstacles qui ne permettent pas de généraliser son emploi. Ainsi, au moment de la première ronde sanitaire, on se trouve devant un nombre d'individus parfois de loin inférieur à celui de la densité initiale de plantation (D.I.). La différence entre le nombre de sujets plantés initialement et le nombre de sujets encore présents à la première ronde est due à des disparitions dont, *a priori,* on ignore les causes. Celles-ci peuvent être des pertes accidentelles, suite à des conditions climatiques défavorables suivant la plantation, des dégâts provoqués par le vent et des mortalités provoquées par les pourridiés. On se trouve le plus souvent dans l'impossibilité de déterminer, parmi les individus disparus, quelle est la proportion réellement imputable à l'action des pourridiés.

Les pourcentages d'individus morts ou malades à la première ronde, calculés en fonction de D.I., seraient donc peu représentatifs de la réalité, étant donné l'influence possible des facteurs de disparition antérieurs à la mise en observation de la population.

La même remarque serait valable pour les taux calculés au cours des rondes sanitaires successives en fonction de la même densité initiale (D.I.).

Une autre difficulté intervient parfois du fait des éclaircies sélectives que l'on réalise dans des plantations denses.

Ces éclaircies, qui peuvent intervenir à divers âges d'une plantation d'hévéas, font disparaître brutalement des quantités parfois importantes de sujets. Ces éliminations, en modifiant sensiblement la densité, n'autorisent plus la comparaison de divers pourcentages qui seraient établis en fonction d'une occupation antérieure à ces éliminations.

Il résulte, de ces considérations, que l'établissement de taux absolus sera limité aux plantations d'hévéas pour lesquelles n'interviendront plus d'éliminations artificielles après la date de mise en observation. Enfin, pour

éviter l'inconvénient signalé en premier lieu, on prendra comme base de calcul, non pas la densité initiale de plantation, mais la densité réelle (D.R.) observée lors de la première ronde sanitaire. Dès ce moment, on peut en effet être assuré de pouvoir déterminer avec précision les causes de disparition des hévéas. Les taux absolus nous serviront à l'analyse dynamique de l'état sanitaire des populations observées, ainsi que nous le préciserons plus loin.

Le calcul des taux relatifs, destinés à l'analyse statique de l'état sanitaire, contribuera à nous fournir un autre moyen d'expression dont l'utilité sera définie dans les lignes suivantes.

Nous envisagerons maintenant les méthodes de calcul et les modes d'expression de l'état sanitaire, tels que nous les avons retenus.

1. - *ANALYSE STATIQUE DE L'ETAT SANITAIRE.*

Nous visons ici à obtenir une caractérisation de l'état sanitaire d'une population à des moments considérés.

Toutes les plantations d'hévéas ne sont pas observées minutieusement sous l'angle des maladies radiculaires depuis le début de leur établissement. Il est donc nécessaire de disposer d'un mode d'expression de l'état sanitaire qui puisse caractériser la gravité relative de l'infection imputable aux pourridiés à des moments déterminés.

Nous avons créé dans ce but un « indice de pathogénéité » qui s'établit par la formule suivante :

$$P = \frac{I + F}{D.R.} \times 100$$

Cet indice, désigné par la lettre P, représente le taux relatif, calculé pour chaque ronde sanitaire, des arbres infectés (I) et morts des suites d'infections imputables aux pourridiés (F), en fonction du total des arbres existants lors de chaque ronde sanitaire, soit en fonction de la densité réelle observée.

La densité réelle (D.R.) est le nombre d'individus qui existent au début de chaque ronde sanitaire, soit le total des arbres sains, contaminés, infectés et morts (fig. 130).

Comme la « densité réelle » se modifie de ronde en ronde ([1]), il est évident que l'indice de pathogénéité s'établit en fonction de valeurs différentes au cours du temps.

Nous précisons, à ce propos, que les valeurs calculées de l'indice au cours du temps constituent des données « instantanées » qui sont le reflet de la situation sanitaire de la population étudiée à des moments déterminés.

(1) Dans les meilleures conditions, là où les pourridiés ne provoquent pas de dégâts notables, on peut noter une certaine stabilisation de la densité réelle. Dans les autres conditions, cette valeur marque avec le temps une décroissance d'autant plus accentuée que les dégâts dus aux pourridiés sont plus importants.

Champ : Famille Tj 1
Parcelle : N° 1

Traitement : Standard Yangambi

N° ronde	Date	Densité initiale (D.I.)	Disparus avant la ronde	Densité réelle (D.R.)	Mortalité par pourridiés		Eclaircis	Sains		Infectés						Contaminés						Total de sujets atteints	
										Θ		+		Total		O		—		Total			
					Nombre	%		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
1e	8/45	640	121	519	44	8,5	—	414	79,8	6	1,2	32	6,2	38	7,4	23	4,5	—	—	23	4,5	61	11,9
2e	12/45	640	165	475	9	1,9	123	319	67,1	2	0,4	13	2,7	15	3,1	2	0,4	7	1,5	9	1,9	24	5,0
. . .																							
11e	8/49	640	304	336	15	4,5	—	238	70,8	26	7,7	52	15,5	78	23,2	—	—	5	1,5	5	1,5	83	24,7

Fig. 130. — Disposition des données dans le tableau destiné à l'établissement des indices de pathogénéité, ainsi que des taux de malades et de contaminés.

Ces valeurs ne peuvent donc servir à l'établissement d'une courbe, car elles ne sont pas conçues pour autoriser une étude de l'évolution de l'état sanitaire dans le temps.

Par contre, la connaissance des valeurs de l'indice à divers âges d'une plantation permet, par la comparaison entre différents objets à l'étude, de fournir une image de la gravité relative de l'infection par les pourridiés dans les champs considérés et à des époques déterminées.

Nous soulignerons encore le fait que notre indice de pathogénéité n'est pas le reflet de l'infection réelle qui existe dans une plantation. Nous avons vu précédemment que la méthode pratique de détection n'était efficace qu'à 50 %; c'est dire qu'une fraction importante des cas d'infection reste occulte et ne s'inscrit pas dans les valeurs calculées de l'indice. Celui-ci inclut, par contre, les mortalités dues à l'action des parasites radicicoles, ce qui lui confère d'ailleurs sa réelle valeur.

2. - *ANALYSE DYNAMIQUE DE L'ETAT SANITAIRE.*

Les valeurs de l'indice P, prises à des moments donnés dans la succession des rondes sanitaires, ne reflètent pas la proportion exacte d'arbres sains ou morts des suites de pourridiés par rapport à un état antérieur de la plantation considérée.

Or, il est d'un intérêt capital de disposer de courbes exprimant l'évolution dans le temps de la mortalité ou de l'état de santé d'une population. C'est dans ce but que furent établis les taux absolus d'arbres sains, malades ou morts des suites d'attaques radiculaires. Ces taux sont établis en fonction d'une base intangible qui est soit la densité initiale de plantation, soit la densité réelle observée lors de la première ronde sanitaire qui suit immédiatement la réalisation des éclaircies sélectives.

La densité initiale de plantation ne peut être prise comme base du calcul des valeurs qu'à la condition d'observer, dès le début, les causes de disparition des hévéas et de ne laisser intervenir aucune élimination artificielle (éclaircies).

Dans tous les cas où une plantation est prise en observation à un âge donné et où on ignore les causes exactes de disparitions antérieures, on doit prendre, comme base de l'étude dynamique de l'état sanitaire, la densité existante au moment de la première ronde sanitaire; c'est ce que nous avons défini précédemment comme étant la densité réelle à la ronde considérée (fig. 131).

Afin d'éliminer toute inconnue, nous avons pris comme mode d'expression de l'évolution sanitaire le *taux de mortalité* imputable à l'action des pourridiés.

L'incertitude que nous laissent, d'une part, la méthode pratique de détection qui ne révèle qu'une fraction de l'infection présente et, d'autre

Champ : Famille Tj 1
Parcelle : N° 1

Traitement : Standard Yangambi

Ronde	Date	Densité initiale (D.I.) (1e ronde)	Eclaircis		Morts de pourridiés		Sains		Existants	
			Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
3e	4/46	343	—	—	—	—	298	86,9	343	100
.										
.										
.										
.										
.										
.										
.										
11e	9/49	343	2	0,6	20	5,8	238	69,4	321	93,6
12e	10/50	343	2	0,6	39	11,4	179	52,2	302	38,0

Fig. 131. — Disposition des données destinées à l'établissement des valeurs exprimant l'évolution de l'état sanitaire (taux d'occupation ou taux de mortalité au cours du temps).

part, l'évolution possible des cas d'infection, soit vers la guérison, soit vers une issue fatale, nous a conduit à retenir la mortalité due aux pourridiés comme seule expression réelle de la gravité de l'infection déterminée dans nos plantations par les parasites radiculaires.

Il faut donc souligner le fait que l'expression « taux de mortalité » dont nous nous servirons ultérieurement impliquera strictement les arbres morts des suites de pourridiés.

Nous utiliserons aussi, dans le même sens, l'expression « taux d'occupation », qui définira les individus survivants sur le terrain, c'est-à-dire les arbres sains, contaminés et infectés [1].

Si nous sommes amenés à considérer séparément des groupes d'individus répondant à un état sanitaire déterminé, il faudra également se rappeler l'incertitude qui plane sur les proportions qui en seront données, du fait d'une imprécision reconnue dans les méthodes pratiques de détection.

Touchant les modes d'expression des résultats d'observation, nous signalerons encore l'extrême pauvreté de la bibliographie en cette matière. La plupart des auteurs qui ont étudié l'incidence des pourridiés dans les plantations d'Extrême-Orient ont eu recours, soit à des taux relatifs exclusivement (taux de malades ou de morts, à un moment donné par rapport au nombre d'individus observés au même moment) — ce qui interdisait une analyse dynamique de l'incidence du mal — soit encore à des taux absolus établis en fonction de la densité initiale de plantation, ce qui faussait l'estimation des dégâts réellement imputables à l'action des pourridiés [2].

---

(1) On pourrait objecter que le taux d'occupation laisse apparaître, par différence avec l'occupation initialement reconnue, un nombre *total de morts* parmi lesquels pourraient s'inclure des arbres disparus pour d'autres causes. Nous répondrons à cette objection que cette éventualité ne se présente pas. Dans les plantations mises en observation, après la période de « reprise normale » de la plantation, et dans lesquelles n'interviennent pas des éclaircies, toutes les mortalités reconnues sont causées par l'action des pourridiés. Les mortalités accidentelles n'interviennent pas dans la proportion de 1 pour mille et sont complètement négligeables.

(2) Napper utilisait notamment un « taux d'incidence *Fomes* » qu'il définissait comme la proportion d'hévéas *malades* par rapport au total des arbres initialement établis. Il avouait, en outre, ignorer ce qu'était l'état sanitaire antérieur des plantations étudiées (2 à 3 ans avant la mise en observation !). Ces anomalies nous permettent de douter de la validité de certaines conclusions retirées de l'observation d'écarts inférieurs à 2 % dans les taux d'infection et de mortalité affectant divers objets culturaux.

CHAPITRE II

LE MILIEU EXPÉRIMENTAL

§ 1. - LA STATION

Les expériences dont nous détaillerons plus loin les résultats furent toutes réalisées à Yangambi, siège du principal Centre de Recherches de l'INEAC au Congo belge.

De par sa situation géographique (0°45' de latitude N. et 24°29' de longitude E.), dans le district forestier central, Yangambi jouit d'un climat équatorial qui est cependant affecté de variations saisonnières ([1]) imputables à l'influence continentale déjà marquée. Situé sur un plateau (470 m d'altitude par rapport au niveau de la mer) en bordure du fleuve Congo, le Centre de Recherches de l'INEAC reçoit annuellement quelque 1865 mm de pluie (moyenne de 1929 à 1954), ce qui ne correspond certes pas aux conditions les plus privilégiées de la Cuvette sous l'angle du bilan hydrique ([2]).

La température annuelle moyenne de l'air est de 24,6° (1940-1954), avec des moyennes annuelles de températures maxima et minima respectivement de 29,6° et 19,6°.

§ 2. - LES TYPES DE SOL

1. - *REMARQUES PRELIMINAIRES.*

Lorsque nous avons discuté précédemment l'influence de divers facteurs du milieu sur la croissance et la pathogénéité des deux principaux parasites radiculaires de l'hévéa, nous avons attiré l'attention sur l'absence de données précises se rapportant à l'influence des types de sol sur l'incidence des pourridiés.

Certes, on signala à maintes reprises, en Malaisie et en Indonésie notamment, une virulence accrue du *Fomes* dans les sols légers, mais cette opinion ne fut jamais appuyée par des données comparatives de mortalité imputable au pourridié dans divers types de sol, pas plus qu'on ne définissait les caractéristiques des sols considérés comme « légers ».

(1) En fait, Yangambi connait deux saisons pluvieuses (mars à maï et septembre à novembre) et deux saisons où la pluviosité est réduite (décembre à février et juin à août).

(2) Boende, par exemple, a reçu annuellement 2.103 mm de pluie (période de 1940 à 1949).

En ce qui concerne l'incidence d'*Armillaria mellea* et sa virulence en relation avec les types de sol, on a émis des opinions très diverses, considérant les sols lourds tantôt favorables, tantôt défavorables à l'action parasitaire et à la propagation du champignon.

Il ressort enfin d'un examen bibliographique général, tel qu'il nous fut donné d'en résumer l'essentiel dans la deuxième partie de cet ouvrage (pp. 185 à 195), que les expérimentateurs portèrent davantage leur attention sur les caractéristiques chimiques et biologiques des sols en relation avec l'incidence des pourridiés, plutôt que sur les caractéristiques physiques tels que la texture et la structure.

Dans le cadre des travaux réalisés au Centre de Recherches de l'INEAC à Yangambi, où les sols sont extrêmement pauvres en éléments chimiques utiles, l'attention des expérimentateurs devait au contraire se porter plus particulièrement sur l'importance que revêtaient, à l'égard de certains problèmes d'ordre cultural, les caractéristiques physiques des sols de la région.

Lorsque, récemment, la Division d'Agrologie eut réalisé un travail général de cartographie des sols de Yangambi, il apparut que certains essais avaient été établis sur des parcelles comportant plusieurs types de sol, bien distincts quant à leurs caractéristiques physico-chimiques. Il était donc logique d'entreprendre l'étude de l'incidence des pourridiés en relation avec les types de sol reconnus.

2. - *CARACTERISATION DES SOLS DE YANGAMBI* (1).

Les diverses unités de sol reconnues dans les blocs de la Division de l'Hévéa peuvent être succinctement définies de la manière suivante (d'après A. Van Wambeke) :

Série Yangambi.

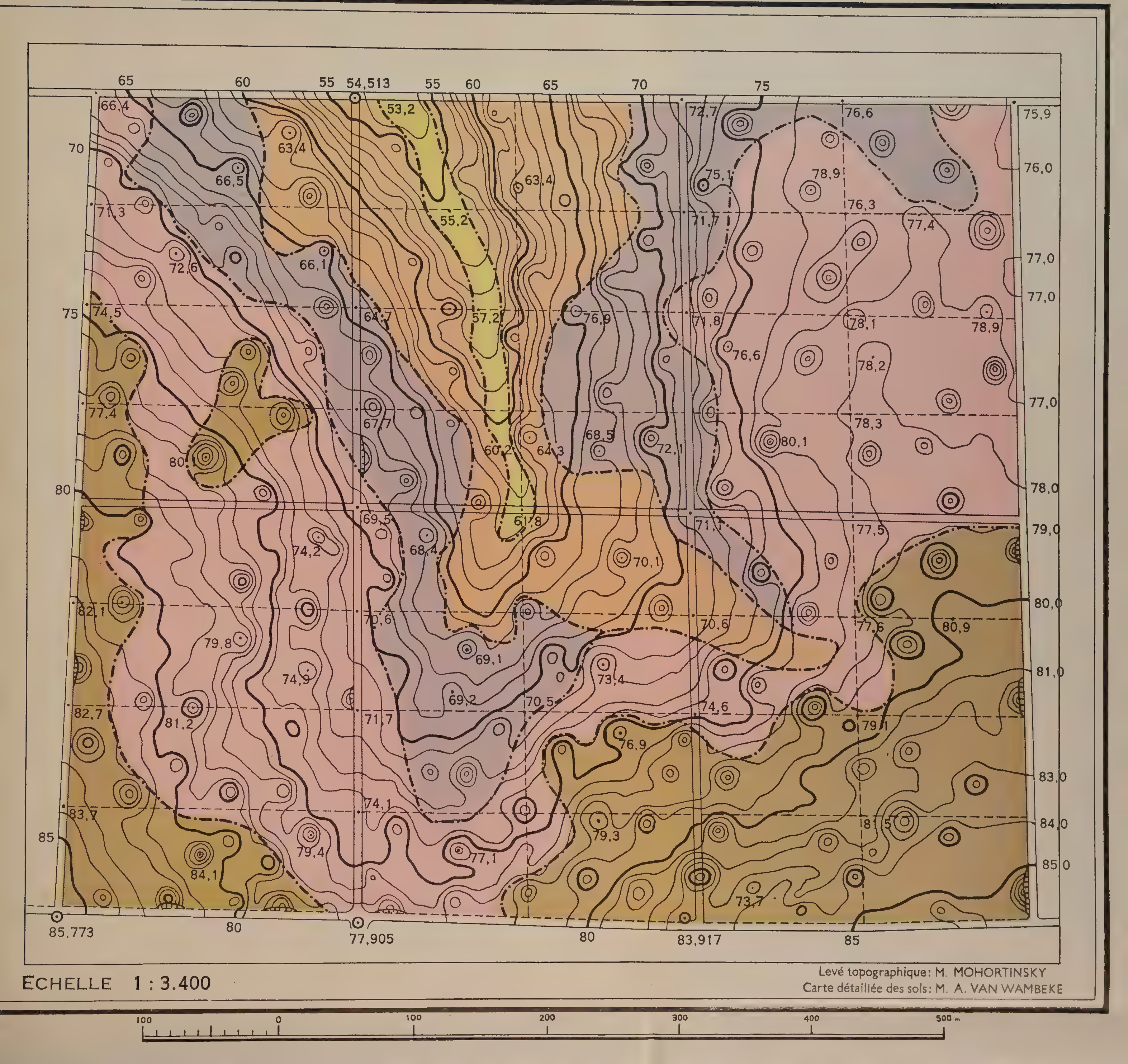
Y 1 — *phase profonde*; sol développé sur le dépôt éolien de Yangambi non remanié, sablonno-argileux, ocre-jaune brunâtre, contenant plus de 30 % d'argile à moins de 60 cm de profondeur.
Les horizons superficiels, plus légers (25 % d'argile), dépassent 20 cm d'épaisseur.

Série Yakonde.

Y 2 m — *phase mince*; sol développé sur le dépôt éolien remanié, sablonno-argileux, ocre-jaune brunâtre à ocre-jaune, tout le profil ne contenant que 20 à 30 % d'argile; localement recouvert par des horizons plus légers de moins de 20 cm d'épaisseur.

Y 2 p — *phase profonde*; sol développé sur le dépôt éolien remanié, sablonno-argileux, ocre-jaune à ocre-jaune brunâtre, les horizons de 20

(1) Les données qui figurent dans ce paragraphe, touchant les caractéristiques des sols de Yangambi, nous ont été aimablement communiquées par nos collègues de la Division d'Agrologie à Yangambi.



Carte I. — Cartographie de détail renseignant les diverses unités de sol reconnues dans le bloc observé de la Division de l'Hévéa (champs d'épreuves 7 et 9).
Remarque : le niveau moyen du fleuve Congo à son confluent avec l'Isalowe est accepté comme altitude « 0 ».

à 30 % d'argile étant recouverts par une couche sablonneuse (moins de 20 %) de 20 à 60 cm d'épaisseur.

Série Isalowe.

Y 3 b — sol développé sur le dépôt éolien remanié, sablonneux dans tout le profil (moins de 20 % d'argile), ocre-jaune; se localise au bas des pentes.

Y 3 a — sol développé sur le dépôt éolien remanié, sablonneux dans tout le profil; se localise dans les fonds, plus près de la nappe phréatique sans que cela influence la morphologie du profil (pas de taches de rouille); sable légèrement plus grossier (moins de 20 % d'argile).

Les descriptions des sols sont présentées sous forme d'un tableau synoptique qui regroupe les données morphologiques des profils et quelques caractéristiques analytiques essentielles (tableau XVII). Pour ces dernières, il a été fait appel aux déterminations réalisées au Laboratoire Central de Pédologie de la Division d'Agrologie à Yangambi (1).

3. - *L'INCIDENCE DES POURRIDIES EN RELATION AVEC LE SOL.*

L'existence reconnue de plusieurs types de sol nous incita à rechercher une relation éventuelle entre l'importance des dégâts de pourridiés et le sol des plantations étudiées.

Un bloc expérimental de la Division de l'Hévéa, d'une surface d'environ 43 ha, présentait les conditions requises pour l'étude d'une telle relation.

Le champ en question fut établi par greffage en place sur un même matériel porte-greffes, âgé de 2 ans. Le défrichement de la forêt primaire se réalisa sans incinération; la couverture du sol fut assurée par un recru naturel.

Ce champ, soumis dès l'âge de 5 ans et demi à un traitement de lutte standard (2) contre les pourridiés, fut pris en observation systématique dès l'âge de 6 ans et demi et les résultats des observations exprimés suivant les méthodes précédemment décrites.

En vue d'étudier la relation « sol-pourridiés », on réalisa successivement, dans le bloc choisi, un levé topographique précis (3) et une cartographie de détail renseignant les diverses unités de sol relevées sur le terrain (4) (carte I).

(1) Pour tout complément d'information touchant les caractéristiques des sols de la région de Yangambi, on peut se référer à la publication suivante de l'INEAC :
A. Van Wambeke et C. Evrard : Carte des sols et de la végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Notice explicative de la carte des sols et de la végétation de Yangambi - Livraison n° 6 - Planchette 1. Weko-Gazi. Bruxelles, 1954.

(2) Nous verrons plus loin une description précise de cette méthode de lutte appliquée à Yangambi.

(3) Le levé topographique, avec mise en carte des courbes de niveau, est dû la bienveillance de M. Mohortinsky, du service topographique de l'INEAC.

(4) La cartographie de détail renseignant les diverses unités de sol relevées sur le terrain est due à l'aimable intervention de M. A. Van Wambeke, de la Division d'Agrologie de l'INEAC.

Tableau XVII. — Données morphologiques des profils et

Sol	Matériel de départ	Topographie	Profondeur d'infiltration des matières organiques	Couleur		Texture	
				Surface	Sous-sol	Surface	Sous-sol
Série Yangambi Y 1	Sédiment éolien non remanié	Plateau (pente : 2 à 5 %)	Environ 35 à 40 cm	*Humide* 5 YR 3/2 10 YR 4/4 *Sec* 7,5 YR 4/2	*Humide* 7,5 YR 5/6 *Sec* 7,5 YR 6/7	Sablonno-argileux (25 à 30 % d'argile)	Sablonno- argileux (plus de 30 % d'a- gile)
Série Yakonde Y 2 m et Y 2 p	Sédiment II	Bordure de plateau (pente : 2 à 12 %)	Environ 35 à 45 cm	*Humide* 10 YR 3/2 à 10 YR 4/4	*Humide* 10 YR 5/8 à 10 YR 5/6	Sablonno-argileux à sablonneux (± 20 % d'argile)	Sablonno- argileux (entre 20 à 30 % d'argile)
Série Isalowe Y 3 b et Y 3 a	Sédiment III	Bas des pentes et fonds (pentes : 5 à 16 % pour Y 3 b et 3 % pour Y 3 a)	Environ 40 à 60 cm	*Humide* 10 YR 3/2 à 10 YR 4/4 *Sec* 10 YR 4/2	*Humide* 10 YR 5/8 à 10 YR 5/6 *Sec* 7,5 YR 5/6	Sablonneux (moins de 20 % d'ar-gile)	Sablonne- (moins de 20 % d'a- gile)

(1) Teneur en eau au « Field Capacity ».

(2) Teneur en eau au « Permanent Wilting Point ».

(3) Emprunté à A. Copet, « Quelques considérations sur une méthode de détermination de la capacité totale d'échange ».

…caractéristiques analytiques des diverses unités de sol

Structure		Consistance		Economie en eau	Teneur en carbone		pH	Valeur T (3)	
Surface	Sous-sol	Surface	Sous-sol		Surface	Sous-sol		Surface	Sous-sol
…ement …nuleux …ombreux …égats …ano- …éraux	Grumeleux	Meuble	Grumeaux assez consistants	(1) (2) pF pF FC PWP 20 13	1 à 2 %	0,7 à 0,1 %	4,1 à 4,6	6,5 à 4,0	3,5 à 2,5
…ement …nuleux …ans …ucture	Granuleux	Meuble	Meuble	15,5 9,5	id.	id.	4,1 à 4,6	6,5 à 2,7	2,7 à 1,5
…ns …ucture	Sans structure à finement granuleux	Meuble	Meuble	13 7 (remarque : les Y3a sont plus rapprochés de la nappe phréatique)	id.	id.	4,1 à 4,6	5 à 2,3	2,5 à 1,9

En ce qui concerne la répartition des sols dans le champ considéré, il faut souligner le fait que la corrélation « sol-unité paysagique » a été bien mise en évidence dans la région de Yangambi. Si l'on veut examiner la carte I, on reconnaîtra aisément la catena très régulière qui se reproduit chaque fois que l'on descend d'un plateau dans une vallée. Ainsi la série Yangambi reste limitée aux plateaux, la série Yakonde se répartit sur le haut des versants et les replats secondaires de la topographie, tandis que les sols de la série Isalowe se situent dans le bas des pentes.

Il faut signaler encore que les termitières représentaient, dans l'essai considéré, 10 % environ de la superficie totale. Leur présence est plus fréquente dans les sols de la série Yangambi. Le tableau XVIII donne une image synthétique de la répartition observée des sols dans l'essai étudié.

Tableau XVIII. — Répartition des sols dans l'essai étudié

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Y 1	10,320	23,9	52	5,0	1,53	14,8
Y 2 m	17,435	40,5	50	2,8	1,33	7,6
Y 2 p	8,070	18,7	35	4,3	0,83	10,3
Y 3 b	6,645	15,4	17	2,5	0,36	5,4
Y 3 a	0,625	1,5	0	0	0	0
Totaux	43,095	100,0	154	3,8	4,05	10,0

(1) Unité de sol.
(2) Superficie (en ha) par type de sol.
(3) Superficie relative (en %) pour chaque type de sol.
(4) Nombre de termitières par unité de sol.
(5) Nombre de termitières par unité de sol et par ha.
(6) Superficie (en ha) occupée par les termitières sur chaque type de sol.
(7) Superficie occupée par les termitières en % de la surface totale.

Sur la base des indications fournies par la carte I, nous avons regroupé, pour chaque unité de sol considérée entre 6 ½ ans et 11 ½ ans de plantation, toutes les données d'observations sanitaires intéressant les hévéas situés dans chacune d'elles, en admettant des zones neutres d'au moins 10 m en bordure de celles-ci.

En fait, nous nous sommes limités à regrouper les états sanitaires annuels des hévéas situés dans chacun des trois types principaux : Y 1, Y 2 et Y 3, avec une subdivision du regroupement intéressant le type Y 3 a.

Le tableau XIX fournit l'essentiel des résultats acquis en ce qui concerne l'évolution dans le temps des taux d'occupation, calculés pour les groupes d'hévéas situés sur chacun des types de sol précités.

Tableau XIX. — Taux d'occupation enregistrés de 6 1/2 ans à 11 1/2 ans de plantation sur des groupes d'hévéas situés en divers types de sol

Type de sol	Nombre d'hévéas observés	Taux d'occupation relevé à divers âges						Taux annuel moyen de mortalité par pourridiés
		6 ½ ans	7 ½ ans	8 ½ ans	9 ½ ans	10 ½ ans	11 ½ ans	
Y 1	2.239	99,0	97,6	95,8	94,7	94,3	93,5	1,1
Y 2	4.266	98,5	95,5	92,7	89,0	86,7	83,8	2,9
Y 3	1.756	97,9	94,1	91,4	87,0	84,8	81,4	3,3
Y 3 a	255	98,4	92,9	90,2	85,1	82,4	78,0	4,1

L'examen de ces données fait ressortir, de la manière la plus nette, l'influence marquée par les divers types de sol sur les taux d'occupation des groupes d'hévéas reconstitués par unité de sol. Les taux annuels moyens de mortalité sont progressivement plus élevés en passant du Y 1 (1,1 %) au Y 3 a (4,1 %). La valeur des écarts entre les taux d'occupation des diverses parcelles, qui est insignifiante au début des observations, atteint un maximum de 15,5 % entre les parcelles des types Y 1 et Y 3 a à l'âge de 11 ½ ans.

Les courbes du graphique 14 illustrent clairement l'évolution suivie par les taux d'occupation des groupes d'hévéas appartenant à chacun des types de sol.

Avant de poursuivre plus avant l'interprétation des résultats acquis dans cette intéressante expérience, nous nous sommes attachés à prouver que les écarts observés sont bien imputables aux types de sol et non à une autre cause. Parmi les raisons que l'on pourrait invoquer pour expliquer une variation importante dans les taux d'occupation des diverses parcelles, il faut signaler l'origine variétale du matériel.

Nous devons préciser à ce sujet que le bloc étudié est un champ d'épreuve destiné à tester des milliers d'arbres mères. La technique d'établissement de ce champ d'épreuve consista à greffer en place une série de 6 greffons par arbre mère à tester. Les sujets porte-greffes sont constitués d'un matériel

« tout-venant » (1). Le fait que les porte-greffes ne sont représentés dans aucune parcelle par une descendance clonale déterminée exclut toute possibilité d'invoquer l'origine variétale du matériel pour expliquer les écarts enregistrés dans les taux d'occupation des groupes d'hévéas situés sur les diverses unités de sol. On se souviendra d'ailleurs qu'une étude antérieure, destinée à mettre en évidence des caractères de résistance ou de susceptibilité de certaines descendances clonales, s'est soldée par un résultat négatif.

Etant donné la topographie du terrain d'expérience d'une part et la corrélation reconnue entre le type de sol et l'unité paysagique d'autre part, nous avons enfin tenté de déterminer si la pente du sol n'avait pas une influence prépondérante sur l'incidence plus ou moins forte des pourridiés. Dans le type de sol Y 2, le seul qui se prêtat à l'expérience, nous avons considéré séparément les groupes d'hévéas situés respectivement au sommet et au bas des pentes, sous l'angle de l'évolution du taux d'occupation. Les résultats acquis démontrèrent la similitude des données, quel que soit le niveau auquel se situaient les hévéas sur les pentes considérées.

Ces diverses observations ne laissaient subsister aucun doute : les types de sol étaient bien les seuls responsables des écarts entre les taux d'occupation enregistrés pour les divers groupes d'hévéas observés.

Nous avons noté plus haut l'importance de l'écart observé à 11 ½ ans entre les taux d'occupation des parcelles extrêmes du type Y 1 et Y 3 a.

Tableau XX. – Ecarts enregistrés annuellement dans les taux d'occupation pour divers types de sol considérés deux à deux

Type de sol	Age					
	6 ½ ans	7 ½ ans	8 ½ ans	9 ½ ans	10 ½ ans	11 ½ ans
Y 1 et Y 2	0,5	2,1	3,1	5,7	7,6	9,7
Y 1 et Y 3	1,1	3,5	4,4	7,7	9,5	12,1
Y 1 et Y 3 a	0,6	4,7	5,6	9,6	11,9	15,5
Y 2 et Y 3	0,6	1,4	1,3	2,0	1,9	2,4
Y 2 et Y 3 a	0,1	2,6	2,5	3,9	4,3	5,8
Y 3 et Y 3 a	- 0,5	1,2	1,2	1,9	2,4	3,4

(1) On sait que le matériel dit « tout-venant » est constitué à partir de graines dépourvues de spécification d'origine.

L'étude des écarts enregistrés annuellement entre les taux d'occupation des diverses parcelles, prises deux à deux (tableau XX), n'est pas moins significatif de l'influence marquée par le sol.

On notera que, par rapport au Y 1, les sols Y 2, Y 3 et Y 3 a accentuent de plus en plus la valeur des écarts observés entre les taux d'occupation, et ce pour tous les âges considérés entre 7 ½ et 11 ½ ans. L'examen des données du tableau XX montre en outre que la comparaison entre Y 2 et Y 3 fournit les écarts les moins élevés du taux d'occupation. C'est dire que le Y 2 et le Y 3, comparés au sol Y 1, se révèlent également nuisibles quant à l'incidence d'un taux élevé de mortalité imputable à l'action des pourridiés.

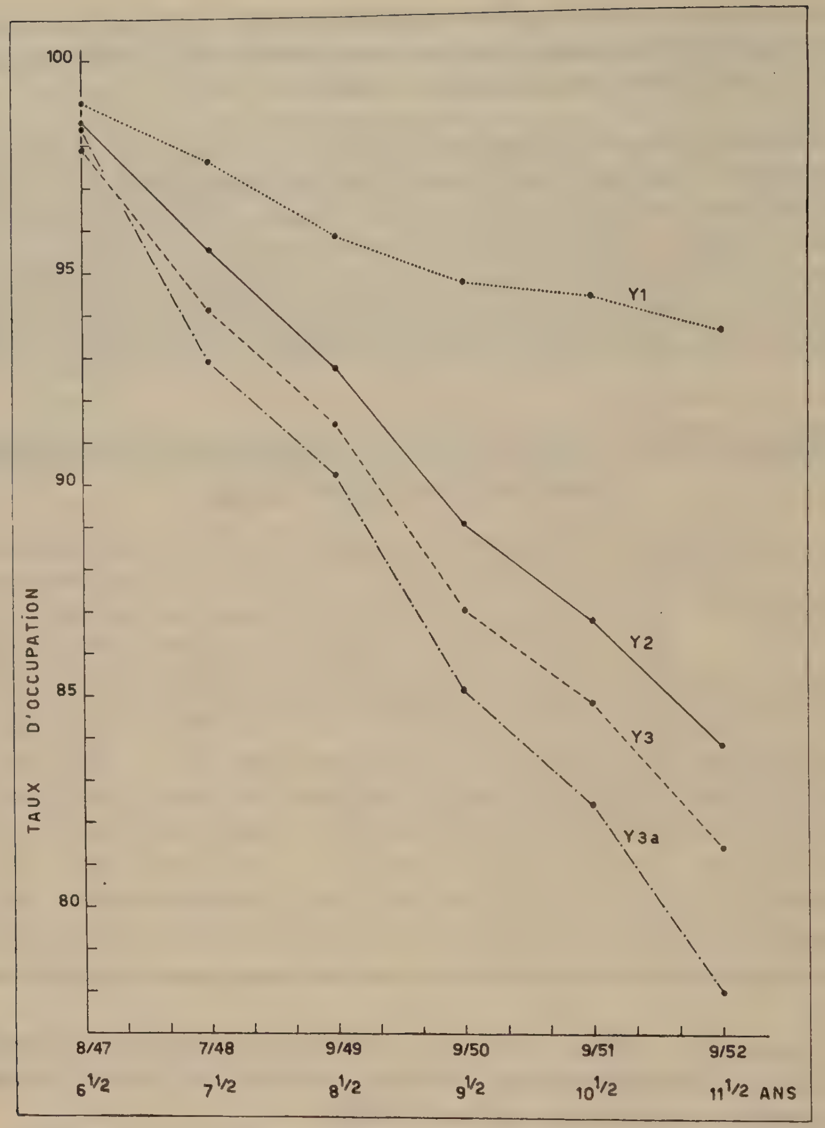
Tableau XXI. – Décroissance du taux annuel d'occupation dans les divers types de sol

Période considérée	Objet				Ecart entre les taux annuels de mortalité					
	Y 1	Y 2	Y 3	Y 3 a	Y 2 - Y 1	Y 3 - Y 1	Y 3 a - Y 1	Y 3 - Y 2	Y 3 a - Y 2	Y 3 a - Y 3
6 ½ à 7 ½ ans	1,4	3,0	3,8	5,5	1,6	2,4	4,1	0,8	2,5	1,7
7 ½ à 8 ½ ans	1,8	2,8	2,7	2,7	1,0	0,9	0,9	- 0,1	- 0,1	0,0
8 ½ à 9 ½ ans	1,1	3,7	4,4	5,1	2,6	3,3	4,0	0,7	1,4	0,7
9 ½ à 10 ½ ans	0,4	2,3	2,2	2,7	1,9	1,8	2,3	- 0,1	0,4	0,5
10 ½ à 11 ½ ans	0,8	2,9	3,4	4,4	2,1	2,6	3,6	0,5	1,5	1,0
Moyenne annuelle	1,1	2,9	3,3	4,1	1,8	2,2	3,0	0,4	1,2	0,8

L'examen du tableau XXI, qui exprime la décroissance observée du taux annuel d'occupation dans les divers types de sol, permet encore de faire quelques observations dignes d'intérêt :

1) le taux annuel de mortalité en Y 1 se réduit sensiblement avec le temps, ce qui implique une stabilisation de la courbe d'évolution de l'occupation pour ce type de sol. C'est bien ce que nous pouvons observer sur la courbe Y 1 du graphique 14;

2) les taux annuels de mortalité, intéressant les sols Y 2, Y 3 et Y 3 a, ou bien ne marquent pas de décroissance, ou alors tendent à décroître dans une mesure tellement faible que l'allure des courbes d'évolution du taux d'occupation de ces sols ne laisse entrevoir aucune stabilisation à brève échéance (cfr courbes Y 2, Y 3 et Y 3 a du graphique 14);



Graphique 14. — Courbes exprimant l'évolution du taux d'occupation de plantations d'hévéas situées sur divers types de sol.

3) les écarts entre les taux de mortalité, pris pour les différents sols en comparaison avec le Y 1, manifestent tous la nette supériorité de ce dernier type, où l'on a enregistré la mortalité la plus faible.
Si, au contraire, on compare entre eux les types de sol Y 2, Y 3 et Y 3 a, on notera qu'il existe une assez grande variabilité dans les écarts observés au cours du temps. Entre le Y 2 et le Y 3, par exemple, les écarts enregistrés entre les taux de mortalité, de 6 ½ ans à 11 ½ ans, sont tantôt à l'avantage de l'un et tantôt à l'avantage de l'autre type de sol;

4) si on examine enfin les écarts annuels moyens observés entre les taux annuels de mortalité des divers types de sol, on peut classer comme suit, par ordre décroissant des valeurs, les types de sol considérés deux à deux :

Y 1 - Y 3 a
Y 1 - Y 3
Y 1 - Y 2
Y 2 - Y 3 a
Y 3 - Y 3 a
Y 2 - Y 3

Ce classement confirme, outre la nette supériorité du Y 1 sur les autres types, l'équivalence pratique entre les types Y 2 et Y 3 quant à leur influence sur la gravité du mal. C'est en effet entre ces deux derniers sols que l'on a enregistré le plus faible écart annuel moyen du taux de mortalité.

Nous avons jusqu'ici interprété l'influence des sols en nous basant uniquement sur les données de mortalité annuelle, qui constituent d'ailleurs le meilleur critère d'appréciation de la gravité de l'infection affectant les hévéas. L'examen des indices de pathogénéité, qui expriment la gravité de l'infection en fonction des cas d'attaques et de mortalité, donne le même classement des types de sol, quant à leur action sur l'incidence des pourridiés.

Par contre, ces indices, comme on peut le constater dans le tableau XXII, font apparaître une différence plus nette entre les sols Y 2 et Y 3, ce dernier étant sensiblement plus infecté que l'autre.

Tableau XXII. — Indices de pathogénéité enregistrés, de 6 1/2 à 9 1/2 ans, pour les divers types de sol

Type de sol	Age			
	6 ½ ans	7 ½ ans	8 ½ ans	9 ½ ans
Y 1	8,9	9,9	10,5	15,8
Y 2	16,0	18,3	22,8	31,5
Y 3	20,0	21,1	26,4	39,4
Y 3 a	21,2	24,8	26,5	45,1

Durant les premières années d'observations dans l'essai dont il est question ici, nous avions considéré un état sanitaire global, c'est-à-dire qu'on ne fit initialement aucune distinction entre les deux principaux parasites en cause. Dès l'âge de 8 ½ ans, on a tenu compte de l'intervention du *Fomes* et de l'*Armillaria* dans le total de cas pathologiques observés.

Dans le tableau XXIII, nous avons calculé, pour 8 ½ et 9 ½ ans d'âge de la plantation, les données relatives aux indices de pathogénéité respectivement attribuables à chacun des deux pathogènes, ainsi que les proportions relatives prises par chacun d'eux dans l'incidence globale des pourridiés.

Tableau XXIII. — Indices de pathogénéité attribuables aux deux parasites en cause en fonction du type de sol

Type de sol	Age (an)	Indice de pathogénéité			Proportion (%) des cas de	
		Fomes	*Armillaria*	Total	*Fomes*	*Armillaria*
Y 1	8 ½	8,1	2,4	10,5	77,1	22,9
	9 ½	12,7	3,1	15,8	80,4	19,6
Y 2	8 ½	11,0	11,8	22,8	48,2	51,8
	9 ½	15,2	16,3	31,5	49,2	50,8
Y 3	8 ½	11,1	15,3	26,4	42,0	58,0
	9 ½	14,9	24,5	39,4	37,8	62,2
Y 3 a	8 ½	15,8	10,7	26,5	59,6	40,4
	9 ½	31,0	14,1	45,1	68,7	31,3

On remarquera que la proportion des cas d'armillaire tend à prendre le dessus dans les sols Y 2 et Y 3. Dans les sols Y 1 et Y 3 a, bien que dans une moindre mesure pour ce dernier, on enregistre au contraire une nette prédominance des cas de *Fomes*.

Il serait certes osé de conclure, sur la base de ces seules observations, à une influence déterminante du type de sol sur l'incidence relative de l'un ou l'autre parasite.

Nous ne pouvons actuellement que souligner la tendance observée, en espérant que des expériences ultérieures viendront confirmer la prédominance du *Fomes* dans des sols où la réserve d'eau disponible (« readily available water ») est le plus large. Si nous voulons en effet nous reporter

au tableau XVII qui donne quelques caractéristiques analytiques des sols étudiés, nous constaterons sur la base des valeurs du pF correspondant au «Field Capacity» (F.C.) et au «Permanent Wilting Point» (P.W.P.) que les sols Y 2 et Y 3 seraient en fait dotés d'une même réserve d'eau utile. Par contre, le fait que les sols Y 3 a sont, dans le cas présent, plus rapprochés de la nappe phréatique pourrait compenser, dans une certaine mesure, le déficit d'eau disponible des sols légers de ce type Y 3 a par rapport aux sols du type Y 1 dont le taux d'argile est le plus élevé.

Ainsi, il semble que le *Fomes* serait plus longtemps prédominant dans les sols mieux pourvus en eau disponible, cependant que l'armillaire serait mieux représenté dans des sols légers et modérément humides des types Y 2 et Y 3.

Cette question de la prédominance relative de l'un ou l'autre parasite en fonction du type de sol constitue l'un des problèmes dont l'étude sera activement poursuivie dans un proche avenir.

4. - *CONCLUSIONS.*

Nous ne pouvons actuellement tirer de conclusions définitives touchant l'incidence relative du *Fomes* et de l'armillaire en relation avec divers types de sol.

Par contre, la preuve est établie que les sols légers des types Y 2 et Y 3 accroissent les taux de mortalité imputables aux pourridiés dans des proportions inquiétantes.

Les écarts maxima relevés dans les taux d'occupation des parcelles situées sur divers types de sol sont de loin supérieurs à toutes les différences observées lors d'expériences qui avaient pour but de mettre en évidence l'influence de diverses méthodes culturales sur l'incidence des pourridiés.

Ceci nous amène à conclure qu'il faut interpréter avec la plus grande circonspection tous les résultats expérimentaux qui furent publiés sans tenir compte des types de sol sur lesquels les objets à l'étude étaient distribués.

Dans le présent ouvrage, nous ne relaterons que des expériences situées sur un même type de sol, généralement du Y 1, à l'exception bien entendu du présent essai touchant l'influence des types de sol sur l'infection des plantations par les pourridiés. Il n'est pas certain que tous les expérimentateurs aient tenu compte de cet élément essentiel, capable de masquer complètement des effets imputables à d'autres causes ou au contraire d'induire dans un essai donné des différences apparemment imputables à l'action d'un traitement étudié, alors que celui-ci s'avérerait peut-être sans effet s'il était observé dans d'autres conditions de sol.

La première conclusion importante qui se dégage de nos observations est donc celle-ci : toute expérimentation, axée sur l'étude des maladies radiculaires de l'hévéa en relation avec diverses méthodes culturales ou divers traitements, est peut-être vouée à l'échec ou risque d'aboutir à des conclusions erronées si elle n'est pas établie sur des sols parfaitement caractérisés et cartographiés.

Une autre conclusion, non moins importante, s'applique directement au domaine de la pratique. On peut en effet considérer, sur la base des résultats acquis par l'expérience décrite plus haut, que des plantations d'hévéas, établies sur des sols du type Y 2 ou Y 3, accusent une diminution telle du taux d'occupation à l'unité de surface que leur rentabilité peut être rapidement compromise. Bien entendu, ces considérations s'appliquent à des plantations établies après défrichement forestier.

Si nous prenons un exemple théorique de deux plantations, l'une établie sur sol Y1 et l'autre sur sol Y3, avec une occupation moyenne de 350 arbres/ha à l'âge de 5 ans après les éclaircies sélectives, nous pouvons juger de la décroissance du potentiel productif de ces deux parcelles au cours des années en supputant l'évolution de leur taux d'occupation sur la base des données précédemment acquises du taux annuel moyen de mortalité pour chacun des deux types de sol. Les taux annuels moyens de mortalité étaient respectivement de 1,1 et 3,3 % pour des sols Y 1 et Y 3.

Sol Y 1	*Sol Y 3*
5 ans : 350 arbres/ha	5 ans : 350 arbres/ha
10 » : 331 »	10 » : 293 »
15 » : 312 »	15 » : 236 »
20 » : 293 »	20 » : 179 »
25 » : 274 »	25 » : 122 »

Et nous ne devons pas oublier que cette évolution différente du taux d'occupation se poursuit malgré l'intervention d'un traitement régulier contre les pourridiés.

Dans le cas de plantation à établir sur défrichements forestiers récents, il est donc recommandable de s'en tenir aux sols du type Y 1 et de proscrire les sols plus légers.

§ 3. - LES PARCELLES CRÉÉES

Dès que les dégâts de pourridiés se furent manifestés avec une intensité inquiétante dans les plantations d'hévéas à Yangambi, on tenta d'enrayer le mal par l'application de traitements curatifs qui s'inspiraient des méthodes préconisées par le « Rubber Research Institute of Malaya ».

Au début, on ne se préoccupa donc pas de réaliser des essais systématiques destinés à comparer, suivant des schémas expérimentaux déterminés, l'incidence des pourridiés en fonction de diverses méthodes de lutte ou encore de déduire l'efficacité de certaines méthodes par rapport à des objets témoins ne subissant aucun traitement.

L'importance du problème des pourridiés ne justifia qu'ultérieurement la création de diverses expériences, lesquelles devaient le plus souvent s'établir sur des parcelles dont l'état sanitaire antérieur n'était pas toujours connu avec assez de précision.

C'est dire qu'une grande partie de ces essais fut de nature orientative.

Les expériences systématiques consacrées à l'étude des pourridiés sont de création assez récente. Dès le début, les essais ont été complets, avec objets répétés, intéressant divers aspects essentiels du problème des maladies radiculaires, tels que : influence du mode de défrichement, des plantes de couverture, de la densité et du dispositif de plantation, utilisation et efficacité relative de diverses méthodes de lutte, emploi de fongicides, etc.

Les résultats, acquis jusqu'ici, ressortent donc, d'une part d'essais orientatifs établis lors des premières phases de l'étude portant sur le problème des pourridiés, et d'autre part d'essais systématiques d'origine relativement récente.

On peut cataloguer comme suit les parcelles expérimentales qui vont servir de base aux études qui seront discutées plus loin.

1. - *PARCELLES SOUMISES AU TRAITEMENT STANDARD.*

Il s'agit de parcelles qui ont subi l'application régulière d'un traitement dit « standard Yangambi », dans le but d'obtenir des indications sur l'efficacité de cette technique de lutte contre les parasites radicicoles.

Cette méthode s'inspire de la technique de lutte préconisée par le « R.R.I. of Malaya », à la suite des travaux réalisés par Napper.

Les principes de base de la méthode dite « standard Yangambi » sont les suivants :

— examen individuel de tous les arbres d'une plantation;

— création d'une cuvette au pied de chaque arbre, pour permettre l'examen d'une partie du système radiculaire;

— traitement chirurgical combiné à un traitement chimique;

— exposition continuelle à l'air ambiant et à la lumière des portions dégagées du système radiculaire.

Nous passerons rapidement en revue les différentes phases d'application de la méthode, telles qu'elles se réalisent dans les champs d'hévéas en observation (fig. 132 à 149).

Ouverture des cuvettes au pied des hévéas.

La première ouverture se réalise généralement sur des hévéas âgés de 2 ou 3 ans. Pour des arbres de cet âge, on crée des cuvettes de dégagement d'un rayon de 20 à 25 cm et d'une profondeur suffisante pour la mise à nu, non seulement du premier verticille de racines, mais aussi d'une zone de pivot d'environ 15 cm sous le niveau du premier verticille (fig. 132 et 133).

Ce travail délicat se réalise uniquement au moyen de petites pelles du type déplantoir afin d'éviter, dans toute la mesure du possible, de couper ou léser les jeunes racines. Ces travaux d'ouverture qui requièrent beaucoup d'attention et de soins, ainsi qu'une connaissance acquise de la disposition des systèmes radiculaires, sont réalisés par des ouvriers spécialement entraînés qui pratiquent continuellement ce seul genre de travail.

La première ouverture est relativement coûteuse du point de vue de l'utilisation de la main-d'œuvre; on estime en moyenne 60 arbres dégagés par homme et par jour.

Après constatation et traitement des cas observés, les cuvettes restent ouvertes. Ainsi, lors des rondes ultérieures, on se borne à un rafraîchissement des parois des cuvettes, lesquelles sont en partie comblées par l'action des pluies et du ruissellement dans les lignes de plantation. Au cours des rondes successives, et avec l'accroissement en diamètre des hévéas, on élargit et on approfondit progressivement les cuvettes de dégagement.

On arrive ainsi, vers l'âge de 10 à 12 ans, à créer des cuvettes d'un rayon moyen de 80 cm et d'une profondeur toujours établie sur la base de 15 à 20 cm de dégagement du pivot sous le niveau du premier verticille de racines.

Ces travaux de dégagement font intervenir la bêche et le déplantoir.

Enfin, avec l'accroissement du diamètre des hévéas au cours des années, les normes d'utilisation de la M.O.I. vont varier entre 100 et 40 arbres par homme et par jour [1].

Observation et traitement des cas de maladie.

Les travailleurs préposés à l'ouverture des cuvettes peuvent d'eux-mêmes détecter et traiter les cas d'infection et de contamination du système radiculaire.

La technique habituellement suivie peut être décomposée en diverses phases ci-après décrites.

a) Dégagement convenable du premier verticille de racines et d'une partie du pivot (fig. 134).

(1) Des données précises sur l'utilisation de la M.O.I. et les normes de travail seront fournies ultérieurement quand on discutera l'aspect économique du problème de la lutte contre les pourridiés.

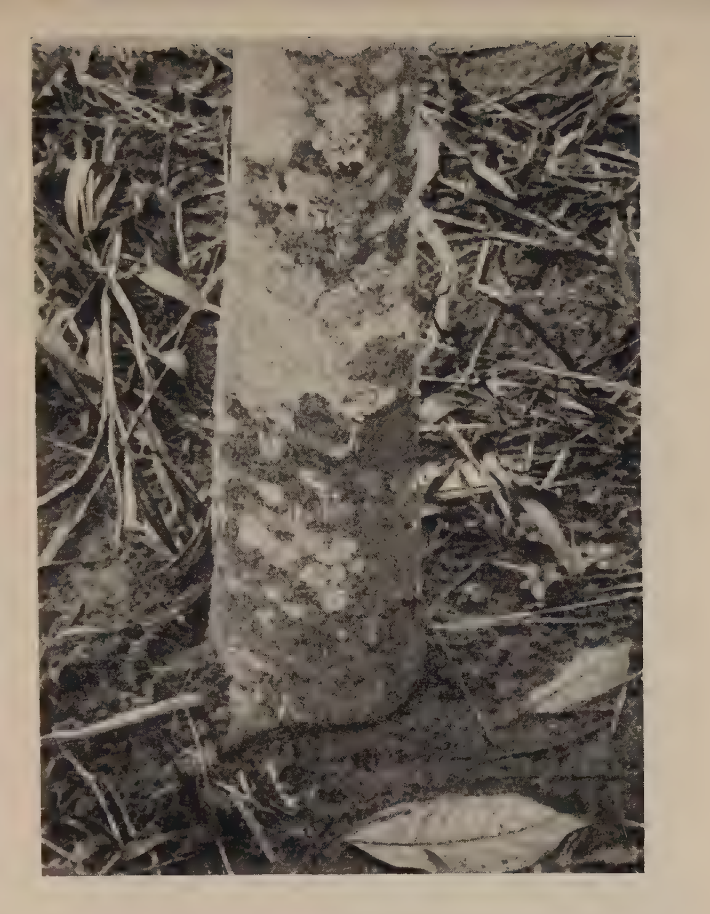


Fig. 132. — Jeune hévéa de 2 ans de mise en place avant la réalisation de la première inspection sanitaire.

(Photo FALIZE)



Fig. 133. — Le même hévéa (fig. 132) dont le système radiculaire a été dégagé au moyen d'un déplantoir (ouverture en première ronde).

(Photo FALIZE)

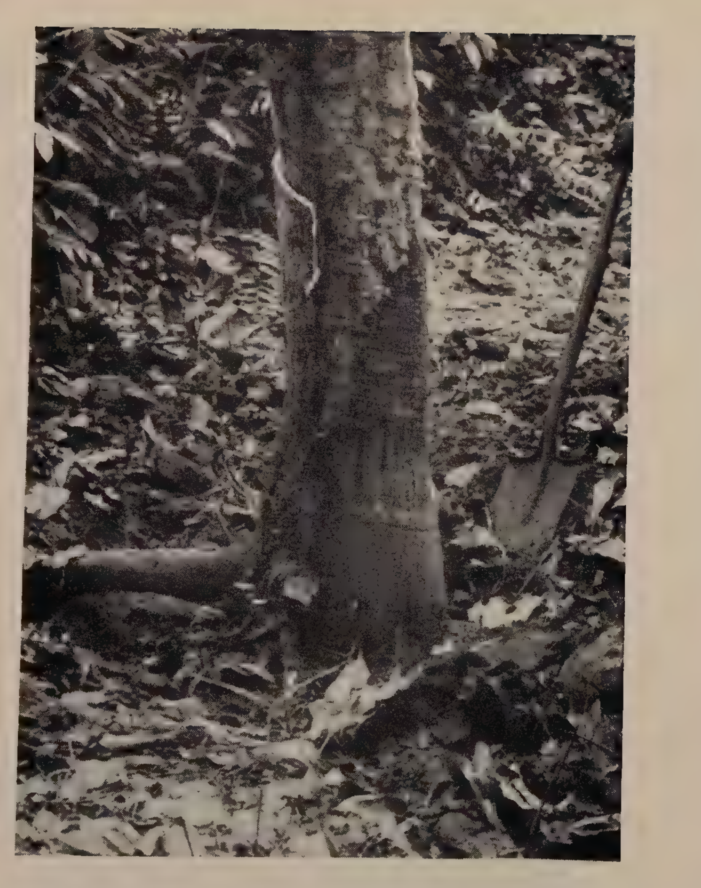


Fig. 134. — Première phase du traitement : ouverture à la bêche d'une cuvette de dégagement au pied d'un hévéa adulte.

(Photo FALIZE)



Fig. 135. — Les aspects de pourridiés observés sont notés sur chaque arbre au moyen de signes conventionnels. L'hévéa visible à l'avant-plan est infecté par *Armillaria mellea* (au pivot et sur une racine latérale).

(Photo FALIZE)



Fig. 136. — Après ouverture de la cuvette, on poursuit le dégagement de chaque racine sur son pourtour dans les parois de la cuvette créée.

(Photo FALIZE)



Fig. 137. — Le dégagement du système radiculaire de cet hévéa a mis en évidence la présence d'*Armillaria mellea*. L'infection d'une racine s'est poursuivie jusqu'au niveau de la soudure du greffon (cfr fig. 138-139).

(Photo FALIZE)



Fig. 138. — Le même hévéa (fig. 137) après traitement chirurgical. On notera que la racine malade a été recépée et que les tissus infectés du tronc ont été excisés. (Photo FALIZE)



Fig. 139. — Recharge de la portion saine de racine (fig. 138) après traitement au carbolineum. (Photo FALIZE)



Fig. 140. — Recépage d'une racine infectée par *Armillaria mellea* (présence d'un manchon de caoutchouc). (Photo Falize)



Fig. 141. — Recharge d'une portion saine de racine (fig. 140) après traitement au carbolineum. (Photo Falize)



Fig. 142. — Dégagement complet d'une racine infectée par *Armillaria mellea* (présence du manchon de caoutchouc caractéristique).

(Photo FALIZE)



Fig. 143. — Ablation de la portion infectée de cette racine (fig. 142).

(Photo FALIZE)



Fig. 144. — Recharge de la racine saine (fig. 143) après traitement au carbolineum.

(Photo FALIZE)



Fig. 145. — Epandage de la solution cuprique autour du pivot d'un hévéa traité.

(Photo FALIZE)



Fig. 146. — Racine contaminée par *Fomes lignosus*, qui a été débarrassée du mycélium de ce parasite par grattage, après un dégagement poursuivi jusqu'à la source de contamination. (Photo Falize)



Fig. 147. — Recharge de la racine (fig. 146) jusqu'au niveau des parois de la cuvette normalement ouverte. (Photo Falize)



Fig. 148. — Traitement chirurgical : une grosse racine infectée a été amputée de la partie malade, cependant que deux racines contaminées par *Fomes* furent soumises à un grattage superficiel pour éliminer le mycélium du parasite. (Photo FALIZE)

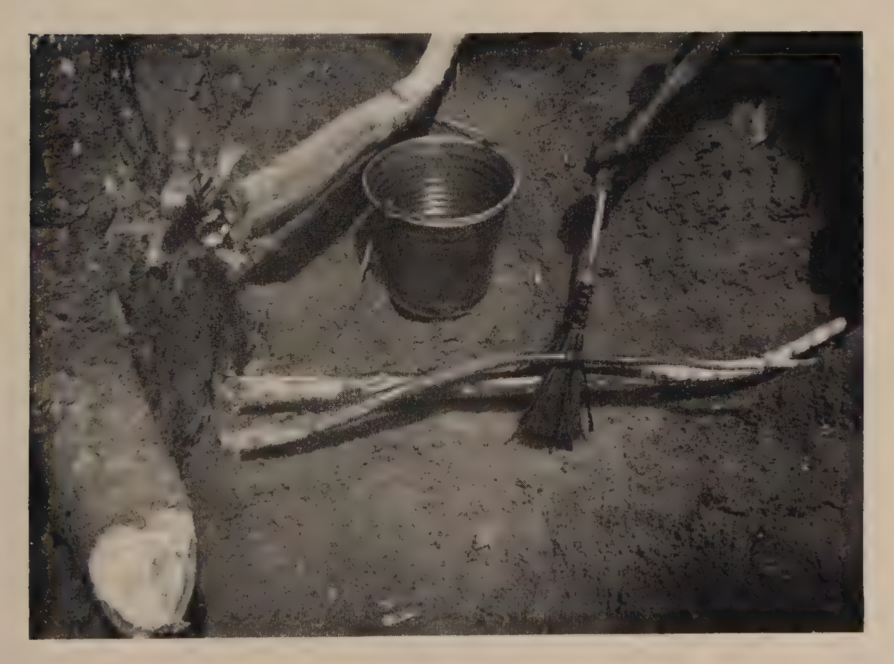


Fig. 149. — Badigeonnage au carbolineum des portions radiculaires privées par grattage du mycélium de *Fomes* qui les contaminait (même hévéa que la fig. 148). (Photo FALIZE)

b) Inspection de chaque racine prise individuellement et de la portion découverte du pivot. A cette occasion, le travailleur, muni de son déplantoir, poursuit le dégagement de chaque racine sur son pourtour dans les parois de la cuvette créée, sur 5 à 10 cm de profondeur (fig. 136). Un semblable dégagement est réalisé aussi sur le pourtour du pivot dans le fond de la cuvette.

c) Constatation des cas de contamination ou d'infection par le travailleur même ou, en cas de doute, par un spécialiste de l'équipe (le capita généralement).

d) Application du traitement chirurgical qui tient compte du faciès de la maladie.

— En cas de contamination du pivot ou des racines, c'est-à-dire quand il y a présence de formations rhizomorphiques épiphytiques sur ces organes, on procède à un grattage soigné des portions envahies pour éliminer toute trace de mycélium. Dans ce but, les racines ou le pivot sont dégagés au delà des limites de la cuvette pour mettre en évidence la totalité des portions affectées et permettre leur traitement. Les portions traitées qui sont situées au delà des limites du dégagement normal seront ensuite rechargées (fig. 146 et 147).

— En cas d'infection des racines, on procède à l'ablation des parties malades en ayant soin de respecter au maximum les portions restées saines vers le pivot. Ces portions saines qui subsistent seront rechargées de terre après le traitement chimique (fig. 137 à 144).

— En cas d'infection du pivot, on procède à l'excision des plages infectées jusqu'au niveau des tissus sains (fig. 138 et 139).

— Dans les cas extrêmes où un système radiculaire est en état de décrépitude complète et considéré comme incurable, on procède à l'éradication de l'individu moribond et on désinfecte l'emplacement.

e) Traitements à l'aide de produits fongicides.

Après la réalisation des traitements chirurgicaux, on organise un premier passage au cours duquel un travailleur procède au badigeonnage, à l'aide d'une solution de carbolineum à 5 % [1], de toutes les portions grattées, excisées ou recépées, en un mot de toutes les plaies provoquées par l'ouverture des cuvettes et le traitement chirurgical. Le badigeonnage des parties grattées, outre son rôle de prévention des infections dues à des parasites de blessures, présente encore l'avantage de tuer les fragments de mycélium qui auraient pu subsister sur les parties atteintes (fig. 148 et 149).

Un autre rôle, non moins essentiel, que joue le carbolineum (comme le brunolinum d'ailleurs), est d'activer la cicatrisation des plaies provoquées par le traitement.

(1) On peut utiliser également une solution de brunolineum à 10-20 %.

On termine enfin le traitement des arbres malades par l'épandage d'une solution de $CuSO_4$ à 2 % sur les portions dégagées et rechargées du système radiculaire, ainsi que dans le fond de la cuvette de dégagement, tout autour du pivot (fig. 145).

On utilise par arbre malade une quantité de 5 litres de solution à 2 %, ce qui équivaut à 100 g de sulfate de cuivre.

2. - *LES PARCELLES TEMOINS.*

Les parcelles témoins sont constituées de champs d'hévéas dans lesquels on ne réalise aucun traitement, mais seulement des contrôles périodiques — suivant une fréquence analogue à celle qui est suivie dans les parcelles en traitement [1] — destinés à caractériser l'évolution naturelle de l'infection due aux pourridiés.

Nous devons distinguer ici entre divers types de parcelles témoins qui furent successivement créés à Yangambi et dont l'utilité est à préciser.

— Dans certaines parcelles, considérées comme des témoins absolus, on réalise simplement des contrôles d'existences au cours desquels on détermine la mortalité imputable à l'action des pourridiés. Ces « témoins d'existences » nous fournissent donc l'évolution de la mortalité par pourridié dans un milieu non perturbé.

— D'autres parcelles témoins subissent un examen périodique des portions radiculaires des hévéas, dégagés pour la circonstance suivant la même technique décrite pour les parcelles traitées. On ne fait évidemment intervenir aucun traitement et les cuvettes de dégagement sont refermées immédiatement après constat de l'état sanitaire des individus (témoin «ouvert et refermé»). Cette technique, bien qu'elle amène une certaine perturbation de la rhizosphère, est la seule capable de nous fournir des données intéressant l'évolution dans le temps des divers cas relevés de contamination ou d'infection des hévéas par les parasites radicicoles.

— Dans un dernier type de témoin, maintenant abandonné, et qui constitue une modalité du témoin précité, on laissait les cuvettes de dégagement ouvertes après l'inspection sanitaire. Nous aurons l'occasion de démontrer plus loin que cette technique de création du « témoin laissé ouvert » constitue en fait une méthode de lutte simplifiée à l'extrême.

Ce dernier témoin fournit en effet des taux d'infection sous-estimés par rapport à la situation réelle en milieu non perturbé.

C'est donc à partir des deux premiers types de témoins cités que nous avons pu obtenir, d'une part des données prouvant l'efficacité des traite-

(1) En principe, les inspections sanitaires se réalisent suivant une fréquence normale de 4 à 6 mois jusqu'à 6 à 8 ans d'âge des plantations. Ultérieurement, la fréquence des rondes sanitaires est souvent portée à 12 mois. Le problème de la fréquence d'application des traitements en relation avec leur efficacité fera l'objet d'une étude ultérieure (cfr Partie IV : Efficacité des procédés de lutte).

ments (par comparaison avec les parcelles traitées) et d'autre part des informations sur l'évolution naturelle des dégâts imputables aux pourridiés dans les plantations d'hévéas de Yangambi.

§ 4. - CHOIX DES PARCELLES EXPÉRIMENTALES

Afin que nos études sur l'incidence des pourridiés en diverses conditions puissent aboutir à des résultats valables, susceptibles de servir de base à des applications pratiques, il a fallu se résoudre à opérer un choix sévère parmi les expériences en cours et ne retenir que celles d'entre elles qui répondaient à un certain nombre de conditions. Nous définirons succinctement ci-après les conditions retenues pour le choix des parcelles expérimentales, ce qui simplifiera ultérieurement la présentation des essais réalisés.

— Le type de sol : les parcelles d'expérience ont été choisies dans des blocs appartenant à un même type de sol, afin d'éviter de graves erreurs d'interprétation dans les résultats acquis par diverses études.

— La densité de plantation : toutes les parcelles retenues ont été établies à des densités comparables comprises entre 450 et 500 arbres par ha. Un essai particulier envisagera l'influence propre éventuellement attribuable à la densité de plantation sur l'incidence des pourridiés.

— La régularité des parcelles : on a eu soin de ne pas recourir à des parcelles dont le taux d'occupation initialement observé était trop faible (plantations de mauvaise venue ou décimées par des accidents naturels).

— Continuité des traitements appliqués : il a fallu veiller à ce que les parcelles étudiées sous l'angle des maladies radiculaires fussent soumises depuis le début à un même traitement, cultural ou sanitaire, afin d'éviter des interférences possibles entre les effets de traitements différents d'une part et l'action des pourridiés d'autre part.
De même, les parcelles désignées comme témoins sont celles qui ne subirent jamais aucun traitement sanitaire.

— Conditions analogues d'établissement et de station pour divers objets à comparer : les comparaisons établies sur l'incidence des pourridiés en parcelles témoins et traitées dans divers milieux le sont à partir d'essais semblables, simultanément établis et comprenant, suivant un dispositif donné, les divers objets à étudier.

Ces conditions générales sont valables pour les essais qui seront décrits plus loin. Nous n'y reviendrons donc pas. Nous signalerons seulement, quand il y aura opportunité de le faire, certaines caractéristiques particulières à certains essais qui s'éloigneront des conditions fixées ci-dessus.

CHAPITRE III

ÉTUDE DE L'INCIDENCE DES POURRIDIÉS EN DIVERSES CONDITIONS

REMARQUE PRELIMINAIRE.

Il serait impossible de vouloir fournir des données moyennes exprimant l'évolution des dégâts de pourridiés dans les plantations d'hévéas considérées globalement. L'intervention de techniques culturales différentes suffit en effet à induire des écarts parfois considérables dans les taux d'infection observés pour diverses parcelles. Les moyennes générales que l'on voudrait établir n'auraient en fait aucun sens réel.

C'est pourquoi, dans les essais que nous détaillerons plus loin, nous comparerons, chaque fois qu'il sera possible de le faire, l'incidence des pourridiés en parcelles traitées et témoins de mêmes groupes de parcelles, constituant des ensembles homogènes tant sous l'angle des techniques culturales appliquées que sous l'angle du dispositif expérimental. Les conditions présidant au choix de nos parcelles expérimentales ont d'ailleurs été assez clairement définies pour ne plus devoir y revenir.

Nous remarquerons encore que les résultats de nos observations seront exprimés notamment sous forme de taux d'occupation et de taux de mortalité. Il faut rappeler à ce propos que les taux d'occupation que nous établirons expriment la décroissance de l'occupation des parcelles sous l'influence des pourridiés ([1]). Les taux annuels de mortalité, mode d'expression que nous utiliserons le plus fréquemment, intéressent bien les disparitions dues à l'action des pourridiés, à l'exclusion de toute autre cause.

§ 1. - INCIDENCE COMPARÉE DES POURRIDIÉS EN PARCELLES TRAITÉES ET TÉMOINS

1. - *INCIDENCE DES POURRIDIES EN RELATION AVEC LE MODE D'OUVERTURE.*

a) *Plantations établies par non-incinération.*

Dans un même essai, établi par non-incinération, avec couverture constituée de recru naturel ([2]), nous avons comparé l'évolution du taux d'occupa-

(1) Quelques arbres peuvent, de temps à autre, être abattus par des tornades. Le plus souvent, ce sont des hévéas gravement infectés par les parasites radicicoles (pivot et racines latérales pourris). Il est logique d'inclure ces quelques cas dans les disparitions imputables à l'action des pourridiés. Il n'existe, dans nos conditions, aucune autre cause majeure de mortalité pour les hévéas.

(2) L'ouverture par non-incinération avec maintien d'un couvert végétal naturel constitue la méthode la plus classique pour l'établissement des plantations d'hévéas au Congo belge. L'étude de cet objet, sous l'angle des maladies radiculaires, présente donc un intérêt tout particulier.

tion dans le temps des parcelles témoins et des parcelles en traitement par la méthode « standard Yangambi ».

Les données, recueillies de 2 ans à 10 ans et demi de plantation dans ces deux séries de parcelles, figurent au tableau XXIV.

Deux remarques essentielles s'imposent :

1) Le taux annuel moyen de mortalité, qui est de 6 % pour les témoins, se réduit à 2,2 % pour les parcelles en traitement. Il y a donc un écart annuel moyen de 3,8 % entre les taux de mortalité relevés dans les deux types de parcelles.

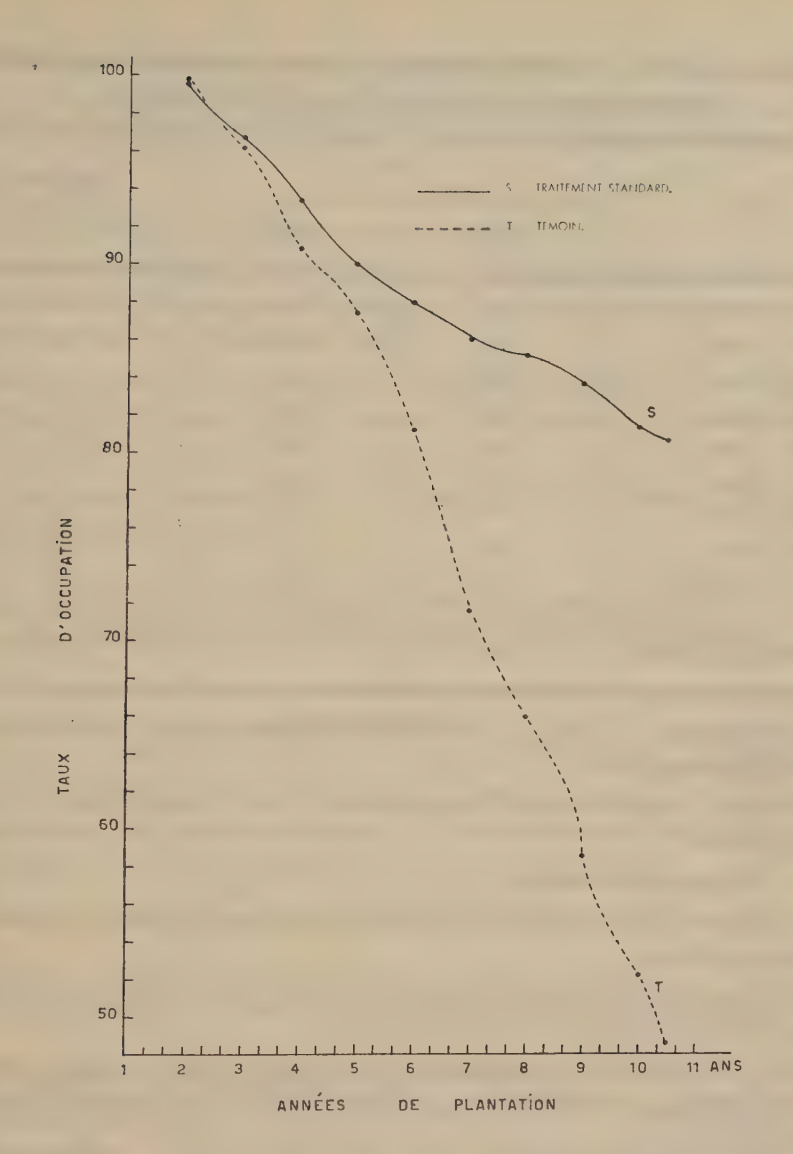
2) Les écarts absolus entre les taux d'occupation, à chaque âge considéré, qui sont à l'avantage du traitement dès l'âge de 3 ans, vont en s'accentuant avec le temps : ils passent en effet de 0,5 % à 3 ans à 32,2 % à l'âge de 10 ans et demi et ce malgré une modification intervenue à l'âge de 7 ans dans la fréquence des rondes sanitaires. Celles-ci réalisées tous les 4 mois, de 2 ans à 7 ans d'âge, ne furent ensuite effectuées que tous les 6 mois jusqu'à 10 ans et demi accomplis. Cette modification dans la périodicité du traitement n'a pas empêché l'écart entre les taux de mortalité de s'accentuer dans les proportions précitées.

Tableau XXIV. – Taux d'occupation enregistré de 2 à 10 ans et demi de plantation dans des parcelles traitées et des parcelles témoins

Parcelle	Taux d'occupation										Taux annuel moyen de mortalité par pourridiés
	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	10 ½ ans	
Traitée	99,6	96,7	93,5	90,1	88,1	86,2	85,3	83,8	81,5	80,8	2,2
Témoin	99,8	96,2	90,9	87,5	81,3	71,7	66,0	58,6	52,2	48,6	6,0
Ecart	— 0,2	+ 0,5	+ 2,6	+ 2,6	+ 6,8	+ 14,5	+ 19,3	+ 25,2	+ 29,3	+ 32,2	3,8

L'examen des courbes figurant au graphique 15 illustre de manière frappante l'efficacité du traitement. L'allure des courbes met en évidence, mieux que les chiffres précédemment énumérés, l'accroissement des écarts dans le temps entre les taux d'occupation des deux séries de parcelles.

L'étude du graphique 15 permet d'autre part de se rendre compte que, si la courbe d'occupation des témoins décroît d'une façon continue, celle qui exprime la décroissance de l'occupation dans les parcelles en traitement tend à se stabiliser.



Graphique 15. — Evolution des existences en parcelles traitées et témoins. (Champs établis par non-incinération avec recru naturel).

Ceci se vérifie par l'examen des taux de décroissance annuels affectant l'occupation de chacun des deux objets et que nous avons consignés dans le tableau XXV.

Pour mieux souligner l'importance pratique de ces résultats sur le taux d'occupation des champs d'hévéas, nous ne pouvons mieux faire que de les illustrer par un exemple chiffré. Les champs dont il est question ici furent établis à la densité de 460 arbres par ha environ.

Tableau XXV. – Décroissance du taux annuel d'occupation dans les parcelles traitées et les témoins

Période	Objet		Ecart entre les taux annuels de mortalité (T — S)
	Témoin (T)	Traité (S)	
2 à 3 ans	3,6	2,9	0,7
3 à 4 ans	5,3	3,2	2,1
4 à 5 ans	3,4	3,4	—
5 à 6 ans	6,2	2,0	4,2
6 à 7 ans	9,6	1,9	7,7
7 à 8 ans	5,7	0,9	4,8
8 à 9 ans	7,4	1,5	5,9
9 à 10 ans	6,4	2,3	4,1
10 à 10 ½ ans (1)	3,6	0,7	2,9
Moyenne annuelle	6,0	2,2	3,8

L'occupation à 2 ans, lors de la mise en observation, était encore d'environ 400 arbres par ha.

Voyons ce que devient l'occupation de ces champs après 8 années d'observations :

— *En parcelles témoins.*

A l'âge de 10 ans, il reste 52,2 % de l'occupation relevée à 2 ans, soit 209 arbres par ha.

En fonction de la densité relevée au départ, il y a donc eu une disparition moyenne annuelle de 23,9 arbres par ha.

Les taux exacts de disparition intéressant chaque année, considérée individuellement, pourraient être calculés d'après les données fournies au tableau XXV.

— *En parcelles traitées.*

Le taux d'occupation relevé à 10 ans est de 81,5 % de la densité prise à 2 ans. C'est dire que l'occupation moyenne à l'ha est à ce moment de 326 arbres.

La disparition moyenne annuelle fut de 9,2 arbres par ha. Ainsi, le traitement a abouti au maintien de cent dix-sept arbres supplémentaires à l'ha dans les parcelles traitées par rapport aux témoins. Le nombre d'arbres sauvés annuellement par l'action du traitement a donc été de 15 en moyenne.

(1) Le taux de décroissance de l'occupation est calculé ici pour une période de 6 *mois* seulement, de 10 ans à 10 ans et demi de plantation.

b) *Plantations établies par incinération.*

Nous envisagerons successivement deux essais différents, tous deux établis par incinération des abattis, avec une couverture constituée de *Fleminga* sp. (1).

α) *Essai établi en 1943 par stumps greffés.*

Nous comparerons, dans cet essai, les champs témoins et les champs traités en nous préoccupant de dégager l'influence du traitement sur la réduction du taux de disparition annuel.

Pour mémoire, précisons que les rondes sanitaires se sont réalisées à une fréquence de 4 mois jusque 5 ans, de 6 mois entre 5 et 6 ans et de 1 an au delà de 6 ans d'âge.

Nous avons consigné, dans le tableau XXVI, les données de base recueillies dans les deux objets.

Tableau XXVI. – Taux d'occupation enregistré de 4 à 8 ans de plantation dans les parcelles traitées et témoins

Parcelle	Taux d'occupation					Taux annuel moyen de mortalité par pourridiés
	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	
Traitée	96,6	88,3	84,6	80,2	76,6	5,0
Témoin	87,5	74,1	63,0	54,0	49,9	9,4
Ecart	+ 9,1	+ 14,2	+ 21,6	+ 26,2	+ 26,7	4,4

L'examen de ces données appelle les remarques suivantes :

1) La différence assez nette qui affecte les taux d'occupation des deux types de parcelles à 4 ans provient du fait que les parcelles traitées avaient déjà subi, à ce moment, deux années de traitement. Elles sont donc normalement avantagées à 4 ans, par rapport aux témoins.

   A cause de l'intervention d'éliminations artificielles, nous n'avons pu établir des données comparables du taux d'occupation à partir de 2 ans. L'effet du traitement, au cours des deux années qui ont précédé la mise en comparaison des deux objets, s'est donc nettement marqué à l'avantage de l'objet traité.

(1) Le *Flemingia* est une légumineuse buissonnante, sensible à l'action des pourridiés. Etant donné le grand développement végétatif que prend cette plante et la facilité que présente sa taille, on l'a beaucoup utilisée ces dernières années à Yangambi, notamment sous forme de haies pour la protection du sol dans les parcs à bois et dans les essais de régénération des sols de pépinières.

2) Le taux annuel moyen de mortalité, de 9,4 % pour les témoins, se réduit à 5 % dans les parcelles traitées. L'écart annuel moyen entre les taux d'occupation est de 4,4 %.

3) Les écarts absolus entre les taux annuels d'occupation passent de 9,1 à 26,7 % entre 4 et 8 ans.

On notera ici que les écarts annuels entre les deux types de parcelles, pris de 6 à 8 ans d'âge, ne s'accentuent plus de manière bien nette. Ceci est à attribuer à la fréquence des rondes, qui sont devenues annuelles à partir de 6 ans d'âge des parcelles considérées.

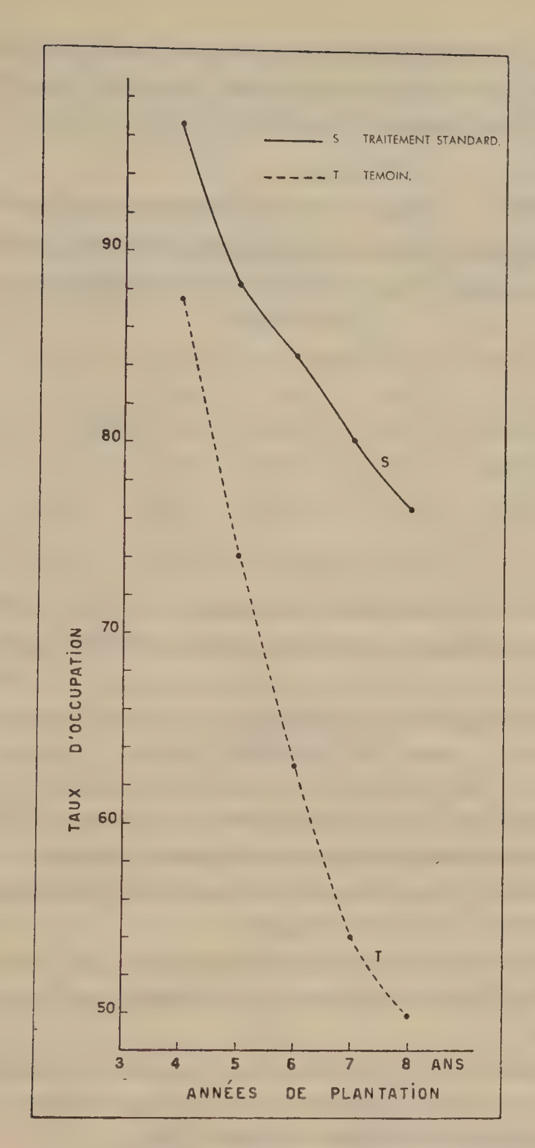
Cette dernière remarque se précise davantage en examinant les données du tableau XXVII, qui expriment la décroissance annuelle constatée entre les taux d'occupation au cours des années.

Tableau XXVII. – Décroissance du taux annuel d'occupation dans les parcelles traitées et témoins

Période considérée	Objet		Ecart entre les taux annuels de mortalité (T — S)
	Témoin (T)	Traité (S)	
4 à 5 ans	13,4	8,3	5,1
5 à 6 ans	11,1	3,7	7,4
6 à 7 ans	9,0	4,4	4,6
7 à 8 ans	4,1	3,6	0,5
Moyenne annuelle	9,4	5,0	4,4

Il ressort de l'examen de la valeur des écarts entre les taux annuels de mortalité des deux objets que ces valeurs diminuent nettement à partir de 6 ans, pour arriver à une différence négligeable vers 7 à 8 ans (0,5 %). Ceci se marque d'ailleurs bien sur l'allure des courbes tracées au graphique 16, qui tendent vers le parallélisme.

Cette observation implique que le traitement conserve à ce moment l'avantage précédemment acquis mais qu'il n'y a plus guère d'espoir de voir s'accentuer, en faveur du traitement, l'écart actuellement existant entre les taux de mortalité. Il faut en voir la raison dans le fait que les parcelles en traitement ont subi une modification dans la fréquence des rondes sanitaires, qui fut portée à un an.



Graphique 16. — Evolution des existences en parcelles traitées et témoins.
(Champs établis par incinération avec couverture de *Flemingia*.
Traitement appliqué dès l'âge de 2 ans).

β) Essai établi en 1945 par greffage en place.

Il s'agit d'un champ d'hévéas greffés en place en 1945 sur des sujets âgés de 2 ans. Le même champ comporte des parcelles témoins et des parcelles soumises au traitement « standard ». Ce traitement s'est réalisé tous les 4 mois entre 4 et 5 ans et tous les 6 mois entre 5 et 7 ans. A partir de 7 ans, la fréquence est devenue annuelle.

Comme nous l'avons fait pour les essais précédemment décrits, nous donnerons d'abord les valeurs exprimant les taux annuels d'occupation relevés dans les deux types de parcelles entre 4 ans et 8 ans d'âge (cfr tableau XXVIII).

Tableau XXVIII. – Taux d'occupation enregistré de 4 à 8 ans de plantation dans les parcelles traitées et témoins

Parcelle	Taux d'occupation					Taux annuel moyen de mortalité par pourridiés
	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	
Traitée	88,8	84,1	80,7	77,7	75,2	3,4
Témoin	89,9	82,3	75,6	71,4	67,6	5,6
Ecart	— 1,1	+ 1,8	+ 5,1	+ 6,3	+ 7,6	2,2

L'examen des valeurs condensées dans ce tableau permet de constater que :

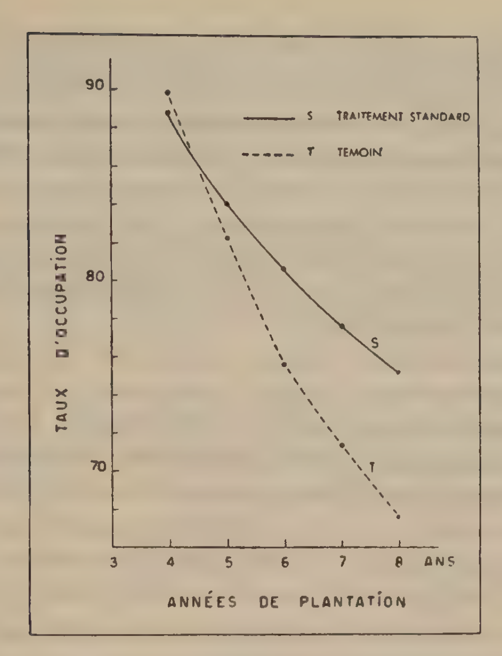
1) Le taux annuel moyen de mortalité, de 5,6 % pour les témoins, est ramené à 3,4 % pour les parcelles traitées. L'écart annuel moyen (2,2 %) est ici plus faible que dans les deux essais précédemment décrits. Cette réduction de l'efficacité relative du traitement est induite par le fait que les rondes sanitaires ont seulement débuté à 4 ans d'âge de la plantation, tandis que, dans les deux essais précédents, le traitement avait été entrepris dès l'âge de 2 ans.

2) Les écarts absolus entre les taux d'occupation, qui sont à l'avantage du traitement dès l'âge de 5 ans, ne s'accentuent plus de manière notable au delà de 6 ans.

   Cette constatation est à rattacher aux influences probables induites par l'application tardive du traitement d'une part et par la diminution de fréquence des rondes sanitaires d'autre part.

Cette diminution de l'efficacité relative du traitement dans l'essai considéré est bien mise en évidence par l'allure des courbes d'évolution des existences qui figurent au graphique 17. Ces courbes tendent en effet vers le parallélisme, ce qui est aussi bien exprimé par les valeurs de la décroissance annuelle du taux d'occupation, telles qu'elles sont reprises au tableau XXIX.

L'examen des écarts constatés entre les taux annuels de mortalité des deux objets fait apparaître la constante diminution qui affecte ces valeurs. La situation n'a aucune chance, semble-t-il, de se modifier dans un sens d'amélioration de l'efficacité du traitement, étant donné que les rondes sanitaires sont portées à la fréquence d'un seul passage par an.



Graphique 17. — Evolution des existences en parcelles traitées et témoins. (Champs établis par incinération avec couverture de *Flemingia*. Traitement appliqué à l'âge de 4 ans).

Tableau XXIX. – Décroissance du taux annuel d'occupation dans les parcelles traitées et témoins

Période	Objet		Ecart entre les taux annuels de mortalité (T — S)
	Témoin (T)	Traité (S)	
4 à 5 ans	7,6	4,7	2,9
5 à 6 ans	6,7	3,4	3,3
6 à 7 ans	4,2	3,0	1,2
7 à 8 ans	3,8	2,5	1,3
Moyenne annuelle	5,6	3,4	2,2

Comme nous aurons l'occasion de le préciser plus loin, il apparaît déjà dans le présent essai, comme dans le précédent d'ailleurs (cfr b. α), que l'espacement des rondes sanitaires à 1 an ne permet plus une accentuation de l'avantage acquis par le traitement au cours des années qui ont précédé cette modification de fréquence.

2. - INCIDENCE COMPAREE DES POURRIDIES EN PARCELLES TRAITEES ET TEMOINS « LAISSE OUVERT ».

Dans un essai établi par non-incinération, nous avions en comparaison d'une part des parcelles régulièrement traitées par la méthode « standard Yangambi » et d'autre part des parcelles témoins dans lesquelles on procédait régulièrement au rafraîchissement des cuvettes laissées ouvertes au pied des hévéas. Ces dernières parcelles se rattachent donc au type de témoin dit « laissé ouvert » tel que nous l'avons défini précédemment dans le paragraphe traitant des parcelles expérimentales.

Ce témoin, qui ne subit d'autres influences que celles induites par l'exposition aux conditions du milieu (air et lumière), sera comparé ici au traitement « standard » lequel combine à l'action du dégagement les effets de l'intervention chirurgicale et de l'application de fongicides.

Le rythme d'application des rondes sanitaires en parcelles traitées a été le suivant : tous les 6 mois, de 3 à 6 ans d'âge et tous les ans, au delà de 6 ans.

Les observations portant sur les taux d'occupation des deux objets (tableau XXX) n'ont pu débuter avant 5 ans d'âge de la plantation, du fait de l'intervention d'éclaircies sélectives qui ont porté sur ces champs de semenceaux, entre 3 et 5 ans de plantation.

Tableau XXX. – Taux d'occupation enregistré de 5 à 10 ans de plantation dans les parcelles traitées et témoins « laissé ouvert »

Parcelle	Taux d'occupation						Taux annuel moyen de mortalité par pourridiés
	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	
Traitée	99,5	98,8	96,2	93,0	91,1	89,2	2,1
Témoin	97,4	93,9	87,3	78,0	74,7	72,0	5,1
Ecart	+ 2,1	+ 4,9	+ 8,9	+ 15,0	+ 16,4	+ 17,2	3,0

On notera, à la suite d'un examen des données du tableau XXX, que les écarts entre les taux d'occupation des deux objets sont surtout importants jusqu'à l'âge de 8 ans. Ultérieurement, de 8 à 10 ans d'âge, les écarts ne s'accentuent plus dans une proportion notable. Ce fait est imputable d'une part à l'effet de l'espacement plus grand entre les rondes sanitaires (tous les ans à partir de 6 ans de plantation) et d'autre part à une diminution relative du taux de disparition affectant les parcelles témoins [1].

(1) Le phénomène de réduction du taux de disparition affectant les parcelles témoins « laissé ouvert » se marque ici de manière très nette par rapport à l'évolution observée dans d'autres types de témoins. Il faut vraisemblablement l'attribuer à l'action inhibitrice de plus en plus marquée de certains facteurs du milieu, notamment sur le *Fomes*, du fait que les dégagements opérés sont de plus en plus importants au cours des années.

L'étude des données du tableau XXXI, qui expriment la décroissance du taux annuel d'occupation dans les deux objets mis en comparaison, montre bien l'atténuation des écarts constatés à partir de 8 ans d'âge des parcelles et la réduction importante du taux de disparition affectant les parcelles témoins.

De même, l'allure des courbes d'évolution de l'occupation dans les deux objets (graphique 18), qui tendent vers le parallélisme à partir de 8 ans, illustrent clairement l'atténuation des écarts, ainsi qu'elle ressortait de l'analyse des données du tableau XXXI.

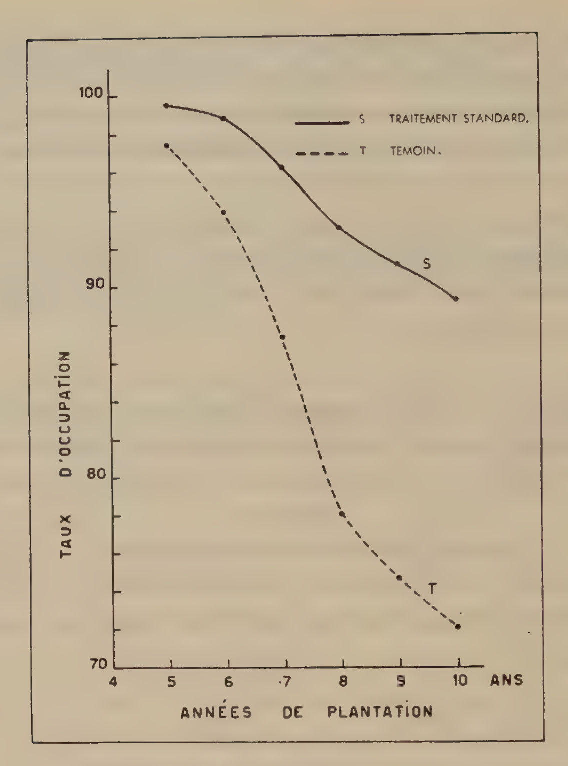
Tableau XXXI. – Décroissance du taux annuel d'occupation dans les parcelles traitées et témoins « laissé ouvert »

Période	Objet		Ecart entre les taux annuels de mortalité (T — S)
	Témoin (T)	Traité (S)	
5 à 6 ans	3,5	0,7	2,8
6 à 7 ans	6,6	2,6	4,0
7 à 8 ans	9,3	3,2	6,1
8 à 9 ans	3,3	1,9	1,4
9 à 10 ans	2,7	1,9	0,8
Moyenne annuelle	5,1	2,1	3,0

Le gain d'occupation, en faveur des parcelles traitées, qui se chiffre en moyenne à 3 % par an durant la période couverte par les observations, est imputable à la seule action du traitement combiné « intervention chirurgicale et application de fongicides ».

On peut donc conclure que le traitement chirurgical combiné à l'application de fongicides marque un effet beaucoup plus net sur la régression de l'infection que le seul dégagement radiculaire.

Une conclusion générale que l'on se doit enfin de dégager à cette occasion, c'est la preuve établie que chacune des modalités composantes de notre méthode de lutte — le dégagement radiculaire et le traitement chirurgical combiné à l'application de fongicides — contribue efficacement pour sa part à réduire le taux de mortalité imputable aux pourridiés.



Graphique 18. — Evolution des existences en parcelles traitées et témoins du type « laissé ouvert ».

Nous ne disposons malheureusement pas, à l'heure présente, de données suffisantes qui nous permettent de préciser de la même manière les rôles respectifs joués par le traitement chirurgical et par les fongicides dans l'efficacité globale de la méthode de lutte.

§ 2. - INCIDENCE DES POURRIDIÉS DANS LES CHAMPS TÉMOINS

1. - *INFLUENCE DU TYPE DE TEMOIN SUR L'APPRECIATION DES DEGATS DE POURRIDIES EN PARCELLES NON TRAITEES.*

Nous avons eu l'occasion de décrire précédemment les trois types de parcelles « témoin » qui furent créées dans le but de comparer les taux d'infection reconnus dans ces parcelles avec les données issues de champs en traitement, afin d'en déduire l'efficacité de diverses méthodes de lutte.

Nous envisagerons maintenant la valeur de chacun des types de témoin dans la caractérisation précise du degré d'infection atteignant les champs d'hévéas.

a) *Témoin d'existences et témoin « ouvert et refermé ».*

Cette comparaison a été faite dans un même champ où on a spécialement étudié ces deux objets afin de mettre en évidence un effet éventuel du dégagement, réalisé dans le second type de témoin, sur le taux de mortalité.

Les données enregistrées de 2 à 6 ans de plantation dans cet essai sont reprises dans le tableau XXXII.

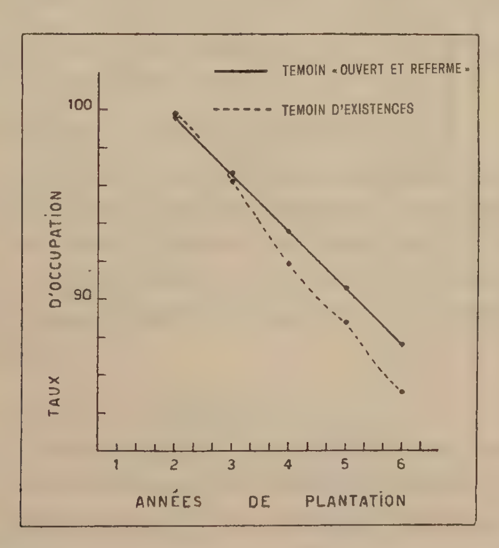
Tableau XXXII.

Taux d'occupation relevés dans deux types de témoins

Type de témoin	Age de plantation				
	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans
Relevé d'existences	99,8	96,2	91,9	88,8	85,1
Témoin « ouvert et refermé »	99,6	96,7	93,6	90,6	87,6

Ces données, mises en courbe dans le graphique 19, montrent l'influence que semble avoir sur le taux de mortalité le seul dégagement temporaire réalisé à chaque ronde pour la constatation de l'état sanitaire des arbres.

Les taux annuels moyens de mortalité sont respectivement de 3,7 % et de 3 % pour le relevé d'existences et pour lc témoin « ouvert et refermé ».

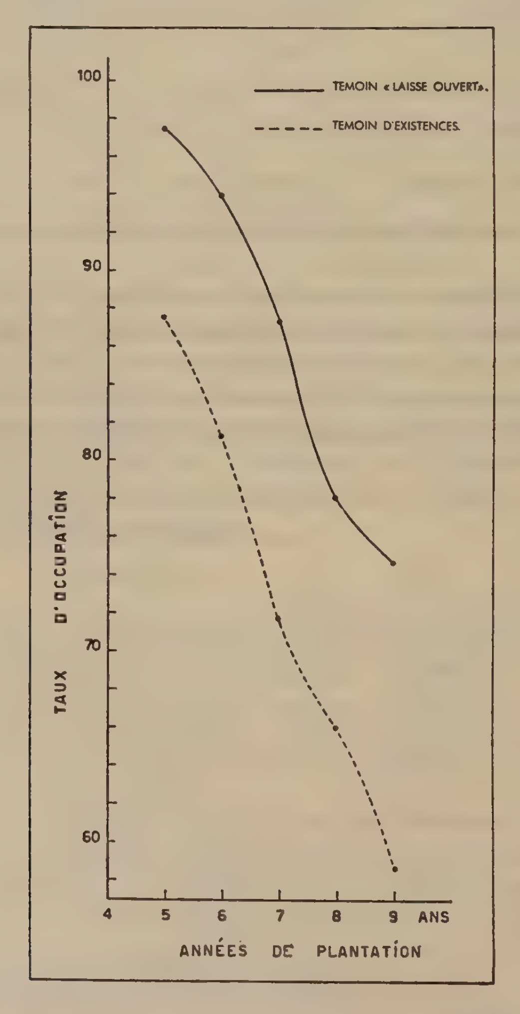


Graphique 19. — Evolution du taux d'occupation dans deux types de parcelles témoins.

b) *Témoin d'existences et témoin « laissé ouvert ».*

Nous avons comparé les taux annuels moyens de mortalité dans deux groupes d'essais, l'un comprenant des champs où se réalisent des relevés d'existences, l'autre constitué de parcelles témoins où les cuvettes de dégagement au pied des arbres ne sont pas refermées. Ainsi que nous eûmes l'occasion de le préciser antérieurement, ce dernier type de témoin dit « laissé ouvert » est celui dont l'influence semblait *a priori* devoir être la plus grande sur la diminution du taux d'infection constaté en parcelles non perturbées telles que les témoins « relevés d'existences ».

Les taux annuels de mortalité, enregistrés dans l'un et l'autre témoins de 5 à 9 ans, confirment bien ce point de vue.



Graphique 20. — Evolution du taux d'occupation dans deux types de parcelles témoins.

En effet, le taux de mortalité a été annuellement de 7,2 % dans les parcelles « relevés d'existences » et de 5,7 % dans les parcelles « laissé ouvert ». L'allure des courbes d'évolution de l'occupation dans les deux types de témoins est figurée au graphique 20. La nette différence, enregistrée ici entre les deux types de parcelles, prouve bien que le témoin dans lequel on laisse les cuvettes de dégagement ouvertes après inspection constitue en fait une première forme de traitement dans le sens où on laisse jouer l'influence de la lumière et de la dessiccation, deux facteurs reconnus défavorables, au moins pour le pourridié dû à *Fomes lignosus*.

Il ressort de la comparaison réalisée entre les trois types de parcelles témoins que seul le relevé d'existences, en laissant un milieu absolument non perturbé, constitue le reflet exact de l'infection active due aux pourridiés.

Le témoin « ouvert et refermé », qui permet une constatation des divers cas possibles d'infection avec un minimum de modification apportée au milieu, est celui dont les résultats, exprimant le taux de mortalité, sont les plus proches de ceux du relevé d'existences, quoique leur étant légèrement inférieurs.

Enfin, le témoin dit « laissé ouvert », dans lequel les cuvettes de dégagement permettant l'observation ne sont pas refermées, donne des valeurs du taux de mortalité qui s'écartent nettement des données fournies par un relevé d'existence : 5,7 % pour le premier contre 7,2 % enregistré pour le dernier.

Ceci amène la conclusion que le témoin « laissé ouvert » marque une action évidente sur l'incidence du mal et qu'il constitue en fait un premier mode de traitement simplifié à l'extrême, puisqu'il fait jouer uniquement l'influence des deux facteurs, lumière et dessiccation, sur les formations rhizomorphiques des parasites à progression externe aux racines.

2. - *INCIDENCE DES POURRIDIES EN FONCTION DE DIVERSES TECHNIQUES CULTURALES.*

a) *Modes d'ouverture et précédents culturaux.*

Un essai systématique fut établi dans le but de comparer l'incidence naturelle des pourridiés dans divers traitements culturaux comportant des modes d'ouverture, des couvertures et des précédents culturaux différents.

L'essai, d'une superficie totale de 20 ha, est observé comme témoin « ouvert et refermé » depuis l'âge de 4 ans. Il fut observé entre 2 et 4 ans comme témoin d'existences.

Les objets suivants sont représentés :

A1 : ouverture par non-incinération et couverture naturelle. Plantation des hévéas par plantules mises en place la même année, soit en 1947.

A2 : ouverture par incinération et couverture naturelle. Plantation des hévéas en 1947.

B : abattage et incinération au début de 1944. Jachère naturelle pendant 3 ans et 10 mois. Mise en place des plantules d'hévéa en 1947.

C : ouverture par incinération en 1938 et mise en place de palmiers *Elaeis* la même année. Abattage des palmiers en 1944, soit après cinq ans révolus et établissement d'une jachère avec *Pueraria javanica* et *Flemingia* sp. Mise en place des plantules d'hévéa en fin 1947, soit près de 10 ans après défrichement.

D : abattage de la forêt et incinération en 1938. Plantation de palmiers la même année. Après l'élimination de ces derniers en 1944, établissement d'une jachère en partie à *Pennisetum* et en partie à *Manihot utilissima*. Mise en place des plantules d'hévéa en fin 1947, donc près de 10 ans après l'abattage de la forêt.

Dans tous les objets précités, d'une même densité initiale de 465 arbres/ha, les hévéas furent greffés en 1949, soit dix-huit mois après la mise en place des plantules. On trouvera au tableau XXXIII les taux d'occupation enregistrés dans les divers objets de 2 ans 8 mois à 6 ans 4 mois de plantation.

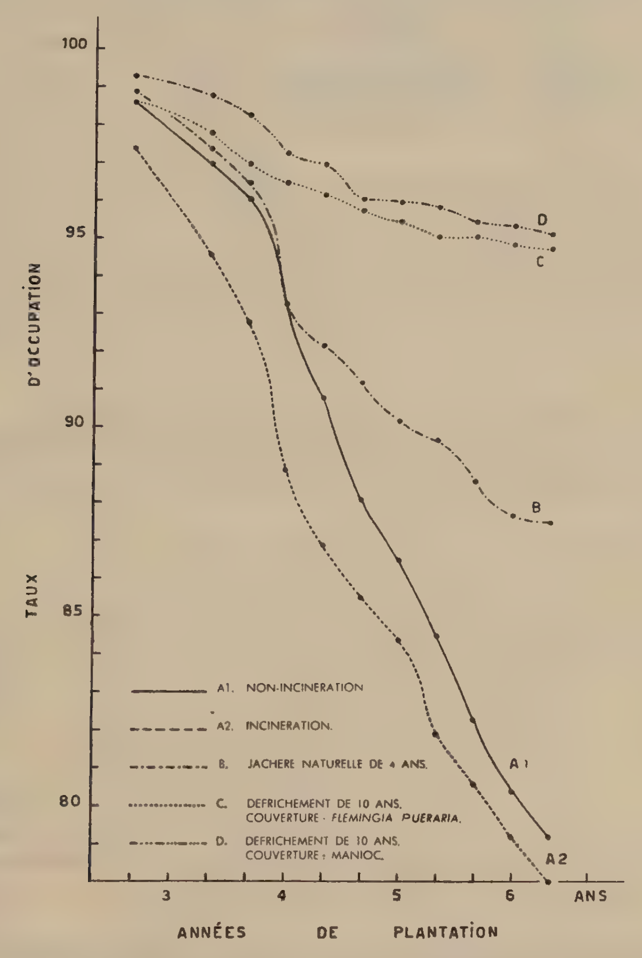
Tableau XXXIII. — Taux d'occupation enregistrés dans les cinq objets culturaux de l'essai

Age de la plantation	Objet				
	A1	A2	B	C	D
2 ans 8 mois	98,6	97,4	98,9	98,6	99,3
3 ans 4 mois	97,0	94,6	97,4	97,8	98,8
3 ans 8 mois	96,1	92,8	96,5	97,0	98,3
4 ans	93,3	88,9	93,3	96,5	97,3
4 ans 4 mois	90,8	86,9	92,2	96,2	97,0
4 ans 8 mois	88,1	85,5	91,2	95,8	96,1
5 ans	86,5	84,4	90,2	95,5	96,0
5 ans 4 mois	84,5	81,9	89,7	95,1	95,9
5 ans 8 mois	82,3	80,6	88,6	95,1	95,5
6 ans	80,4	79,2	87,7	94,9	95,4
6 ans 4 mois	79,2	78,0	87,5	94,8	95,2

Le graphique 21 donne les courbes d'évolution des taux d'occupation tels qu'ils ressortent du tableau précité.

Par ordre croissant d'influence sur la mortalité imputable à l'action des pourridiés, les divers traitements culturaux peuvent se classer comme suit :

1) Objet D : précédent palmier, couverture manioc - *Pennisetum*.
2) Objet C : précédent palmier, couverture *Pueraria* et *Flemingia*.
3) Objet B : jachère naturelle de 3 ans 10 mois.
4) Objet A1 : ouverture par non-incinération - recru naturel.
5) Objet A2 : ouverture par incinération - recru naturel.

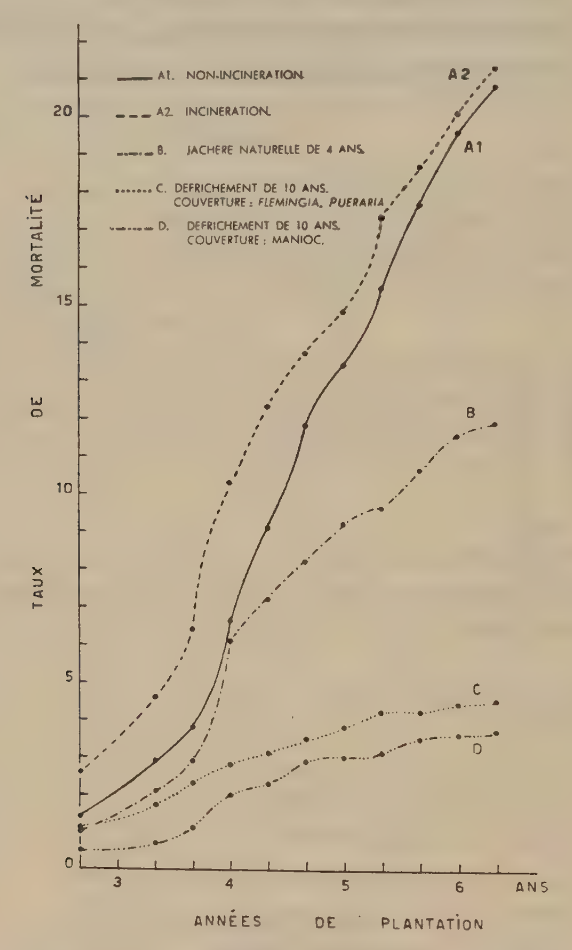


Graphique 21. — Evolution du taux d'occupation dans divers traitements culturaux.

Le graphique 22, établi à partir des données de mortalité figurant au tableau XXXIV, exprime l'évolution des seuls taux de mortalité dus aux pourridiés, dans les divers traitements culturaux. L'allure de ces courbes illustre bien les écarts imputables à l'influence de ces traitements.

Si l'on veut se reporter au tableau XXXIV, exprimant les taux de mortalité, on constatera qu'à l'âge de 6 ans et 4 mois, il existe des écarts

d'importance très variable suivant les traitements culturaux mis en comparaison. L'incinéré et le non-incinéré (A2 et A1) présentent un écart de 0,5 % seulement, en faveur de l'objet non-incinéré.



Graphique 22. — Courbe exprimant l'évolution du taux de mortalité par pourridiés dans les divers objets de l'essai.

En outre, si nous rappelons que les taux annuels moyens de mortalité étaient respectivement de 5,8 et 5,6 % pour l'incinéré et pour le non-incinéré, on peut en déduire que la gravité de l'infection dans les deux traitements est du même ordre de grandeur.

Si on veut enfin réexaminer le tracé des courbes A1 et A2 dans le graphique 22, on pourra constater, à l'appui de cette conclusion, que non seulement leur allure évolutive est pratiquement semblable (parallélisme jusqu'à l'âge de 5 ans), mais encore qu'elles tendent à se rejoindre vers l'âge de 6 ans et demi.

La conclusion qui ressort de cette comparaison présente un intérêt tout particulier, du fait que les objets A1 et A2 sont absolument comparables : en effet, seul le mode d'ouverture constituait la variante entre ces deux objets.

La comparaison établie entre les objets A2 et B fait apparaître un écart de 9,4 % dans le taux de mortalité affectant ces parcelles. L'objet B (jachère naturelle de 3 ans 10 mois suivant l'incinération) présentait un taux annuel moyen de mortalité de 3,2 contre 5,8 % à l'objet A2 (incinéré, couverture naturelle) (cfr tableau XXXIV). Ces deux objets, rappelons-le, sont absolument comparables : ils ont tous deux subi l'incinération et on a laissé se recréer un couvert naturel du sol.

La seule variante qui existe et qui soit susceptible d'expliquer l'écart constaté est la durée qui s'est écoulée entre la date de défrichement et la date de plantation des hévéas. En effet, dans l'objet A2, les hévéas furent plantés quelques mois après le défrichement tandis que, pour l'objet B, les hévéas furent établis sur une jachère forestière de 3 ans 10 mois qui succédait au défrichement.

Tableau XXXIV. — Taux de mortalité enregistrés dans les cinq objets culturaux de l'essai

Age de la plantation	Objet				
	A1	A2	B	C	D
2 ans 8 mois	1,4	2,6	1,0	1,1	0,5
3 ans 4 mois	2,9	4,6	2,1	1,7	0,7
3 ans 8 mois	3,8	6,4	2,9	2,3	1,1
4 ans	6,6	10,3	6,1	2,8	2,0
4 ans 4 mois	9,1	12,3	7,2	3,1	2,3
4 ans 8 mois	11,8	13,7	8,2	3,5	2,9
5 ans	13,4	14,8	9,2	3,8	3,0
5 ans 4 mois	15,4	17,3	9,6	4,2	3,1
5 ans 8 mois	17,6	18,6	10,6	4,2	3,5
6 ans	19,5	20,0	11,5	4,4	3,6
6 ans 4 mois	20,7	21,2	11,8	4,5	3,7
Taux annuel moyen	5,6	5,8	3,2	1,2	1,0

Les objets C et D, tous deux établis 10 ans environ après le défrichement de la forêt, ont, comme seule variante, le type de couverture. L'écart entre

les taux de mortalité enregistrés pour ces objets, à 6 ans 4 mois, n'est que de 0,8 %. Les taux annuels moyens de mortalité étaient respectivement de 1,2 et 1 % pour les objets C et D. C'est dire qu'ils sont absolument semblables quant à l'effet produit sur l'incidence des pourridiés. Les courbes C et D du graphique 22 sont d'ailleurs pratiquement parallèles.

Si nous comparons enfin les objets extrêmes, A2 et D, nous arrivons à un écart de 17,5 % pour le taux de mortalité constaté à 6 ans 4 mois. Le tableau XXXIV nous renseigne, pour les mêmes objets, des taux annuels moyens de mortalité qui sont de 5,8 % pour l'objet A2 et de 1 % seulement pour l'objet D.

Cette différence spectaculaire est induite par la longue période de temps qui s'est écoulée entre le défrichement et la mise en place des hévéas dans l'objet D.

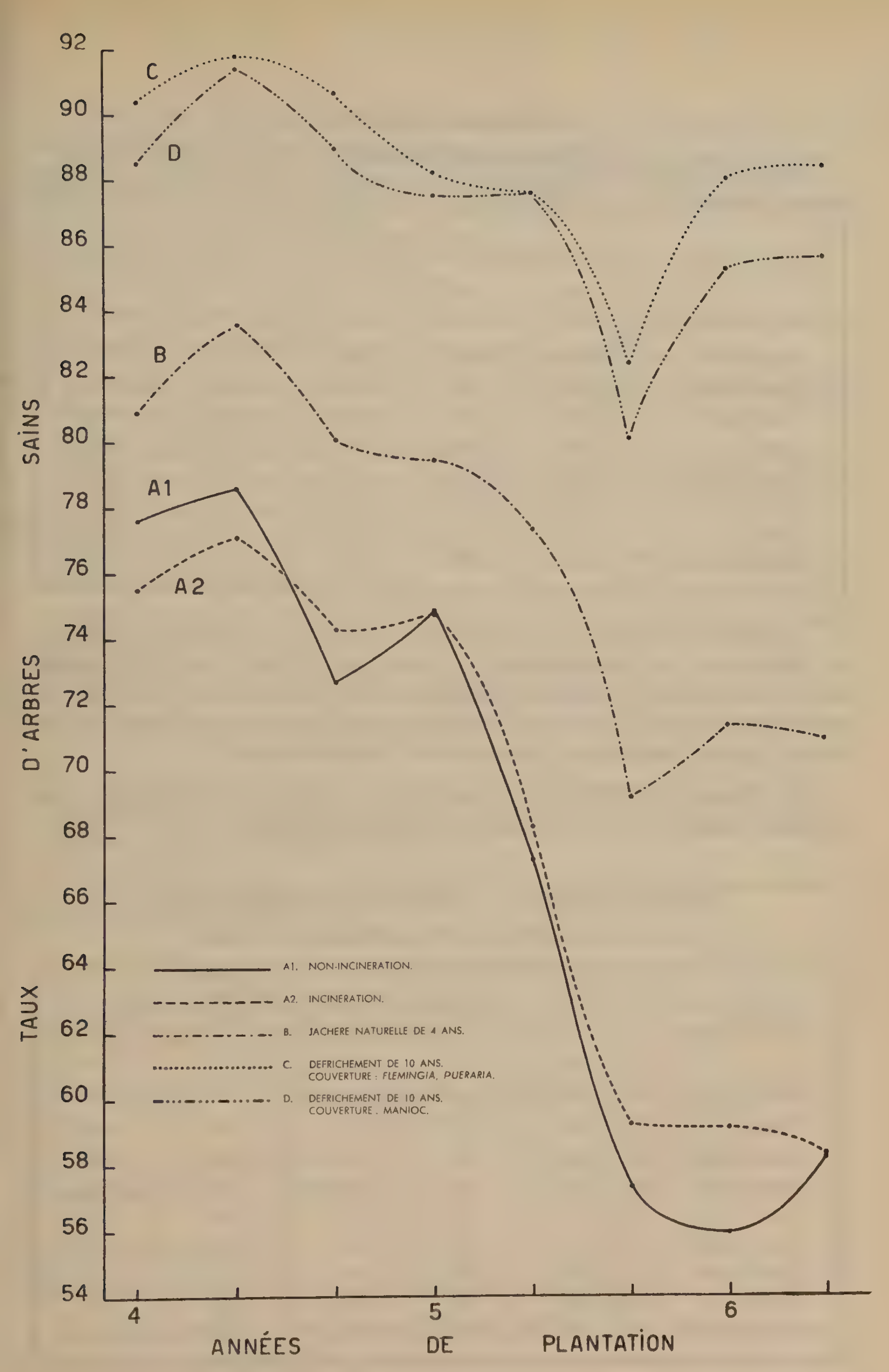
En outre, un examen général de l'allure des courbes, tant celles figurant au graphique 21 que celles du graphique 22, permet de faire quelques constatations du plus haut intérêt quant à la gravité présente et future de l'incidence du mal dans les divers objets.

On notera d'abord sur le graphique 22, l'ascension extrêmement rapide des courbes A1 et A2, objets dans lesquels les hévéas furent plantés endéans les quelques mois qui suivirent le défrichement. En opposition avec les précédentes, les courbes C et D tendent vers un palier. La courbe B, qui suivait jusqu'à 4 ans une direction absolument parallèle aux courbes A1 et A2, marque à ce moment un point d'inflexion à partir duquel elle prend une direction intermédiaire entre celle de A1 et A2 d'une part, et celle de C et D d'autre part. Enfin, l'examen des courbes quant aux écarts relatifs entre les divers objets au départ et à la fin des observations (2 ans 8 mois et 6 ans 4 mois) permet de juger d'une accentuation considérable des écarts interobjectifs au cours du temps écoulé. La régularité avec laquelle se marquent ces écarts laisse augurer leur nette accentuation dans les années à venir.

Il nous a paru utile de reproduire pour cet essai important les pourcentages d'arbres sains observés dans les divers objets au cours des inspections sanitaires successives (voir tableau XXXV).

L'examen du graphique 23, qui donne les courbes d'évolution dans le temps des taux d'arbres sains pour les divers objets, permet de confirmer le classement déjà établi précédemment en ce qui concerne la valeur relative des divers traitements culturaux dans l'évolution de l'état de santé des plantations d'hévéas.

Nous trouvons enfin dans le tracé des courbes A1 et A2 une nouvelle occasion de souligner l'absence de différence significative entre les traitements culturaux « incinéré » et « non incinéré ».



Graphique 23. — Courbes exprimant l'évolution du taux d'arbres sains dans chacun des objets de l'essai.

Tableau XXXV.

Taux d'arbres sains observés dans les divers objets de l'essai

Age de la plantation	Objet				
	A1	A2	B	C	D
4 ans	77,6	75,5	80,9	90,4	88,5
4 ans 4 mois	78,6	77,1	83,6	91,8	91,4
4 ans 8 mois	72,7	74,3	80,1	90,7	89,0
5 ans	74,9	74,8	79,5	88,3	87,6
5 ans 4 mois	67,3	68,3	77,4	87,7	87,7
5 ans 8 mois	57,3	59,2	69,2	82,5	80,2
6 ans	55,9	59,1	71,4	88,2	85,4
6 ans 4 mois	58,2	58,3	71,0	88,6	85,8

L'étude des indices de pathogénéité mérite de retenir notre attention; ces indices bien que représentant des valeurs instantanées, non comparables dans le temps, sont à même de préciser la valeur relative des précédents de culture en mettant en évidence les fluctuations, de ronde en ronde, des infections graves (infectés et morts du fait des pourridiés).

Le tableau XXXVI exprime les indices de pathogénéité calculés pour les divers objets de 4 ans à 6 ans 4 mois de plantation.

Tableau XXXVI. — Indices de pathogénéité calculés pour les cinq objets de l'essai

Age de la plantation	Valeur des indices pour les divers objets				
	A1	A2	B	C	D
4 ans	5,8	8,0	7,0	2,3	3,6
4 ans 4 mois	4,6	5,1	3,1	1,3	0,9
4 ans 8 mois	5,7	4,4	2,8	1,4	1,6
5 ans	4,4	4,1	2,4	1,1	1,1
5 ans 4 mois	5,3	5,9	2,8	0,9	1,1
5 ans 8 mois	5,8	4,8	4,1	0,5	1,3
6 ans	8,6	7,4	4,9	0,8	1,5
6 ans 4 mois	8,2	9,4	5,1	0,8	1,3

Les indices de pathogénéité, énumérés ci-dessus, confirment encore le manque de signification entre les objets « incinéré » et « non incinéré » quant à la gravité de l'infection due aux pourridiés. L'objet B continue à marquer des valeurs intermédiaires entre les deux séries d'objets extrêmes, A1 et A2 d'une part, C et D d'autre part.

b) *Association Hévéas - Caféiers.*

Ce cas fut étudié dans un essai dont nous résumons ci-après l'historique.

— Abattage de la forêt en 1933 et incinération totale des abattis.

— Plantation des caféiers en 1934 avec un ombrage constitué d'*Albizzia stipulata* et de *Leucaena glauca*.

— Après quatre années de « clean weeding » (1934 à 1938), on laissa se rétablir une couverture naturelle où le *Paspalum* dominait nettement les autres plantes adventices.

— Les *Albizzia* ayant dépéri, on les élimina en 1942 ainsi que les *Leucaena* pour les remplacer par l'hévéa.

Les caféiers, qui souffraient visiblement de misère physiologique, furent transformés en multicaules.

Le sol, très léger (type Y2), paraissait dégradé.

— Les hévéas furent plantés en stumps en 1942-1943 à l'écartement 12 × 3 m, soit à une densité d'environ 250 sujets/ha.

— Le champ décrit ci-dessus, d'une superficie de près de 5 ha, fut mis en observation en 1948 comme témoin « ouvert et refermé ». Les hévéas étaient âgés à ce moment de 6 ans.

Les taux d'occupation relevés de 6 à 10 ans d'âge des hévéas sont consignés dans le tableau XXXVII.

Tableau XXXVII. — Taux d'occupation et indices de pathogénéité enregistrés de 6 à 10 ans d'âge

Observation	Age des hévéas				
	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans
Taux d'occupation	99,9	99,3	99,0	98,3	97,8
Indice de pathogénéité	3,7	4,3	6,8	6,7	2,9

Le taux annuel moyen de mortalité, durant les quatre années d'observation, n'a été que de 0,5 %.

On peut se rendre compte, par l'examen du graphique 24, de la faible décroissance de la courbe d'occupation.

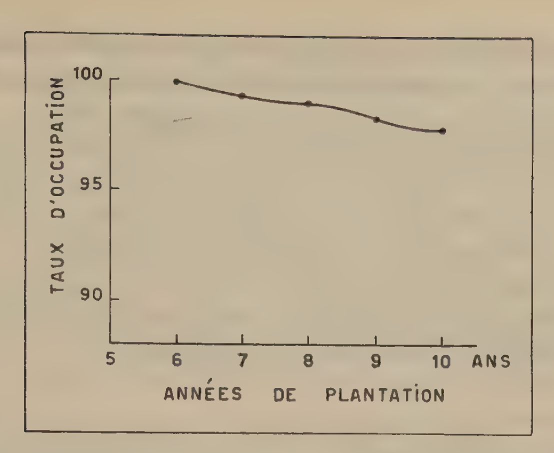
La faible mortalité constatée dans ce champ et, d'une manière générale, le taux réduit d'infection peuvent être attribués à la période relativement longue (9 ans) qui s'est écoulée entre l'abattage de la forêt et la plantation des hévéas.

c) *Conclusions.*

Il ressort de l'étude des essais précités (a et b) quelques conclusions que nous pouvons synthétiser comme suit :

1) Il ne semble pas que l'incinération induise un taux de mortalité significativement supérieur à celui qui est constaté dans les champs établis par non-incinération.
Cette conclusion, qui est en contradiction avec la plupart des opinions émises jusqu'ici, peut probablement s'expliquer par le fait que la plupart des expériences d'où on a déduit la nocivité de l'incinération comportait des traitements du type «clean weeding». Il semble que, dans l'éventualité où une couverture naturelle se rétablisse après les deux modes d'ouverture précités, les influences dues au seul mode d'ouverture, sur l'incidence des pourridiés, s'atténuent jusqu'à devenir négligeables. Les taux annuels de mortalité enregistrés dans l'un et l'autre cas en sont une preuve. L'examen des courbes A1 et A2 du graphique 22 illustrent bien le fait que l'incinération par rapport à la non-incinération n'a pas d'influence marquée sur l'aggravation du mal.
L'écart constaté au départ et qui se maintient jusqu'à l'âge de 4 ans environ (graph. 22) est peut-être la conséquence de l'action induite par l'incinération dans les tous premiers temps qui suivent le défrichement. Peu après, la reconstitution d'une couverture naturelle dans les deux modes d'ouverture tend probablement à la reconstitution d'une ambiance semblable dans les deux cas, ce qui aurait pour effet d'annuler la première influence induite par le fait de l'incinération.

2) Une diminution très nette du taux d'infection est à mettre en relation avec le temps qui s'écoule entre le défrichement et la plantation des hévéas.
Pour des durées atteignant 9 à 10 ans, les taux d'infection relevés sont tellement faibles qu'en pratique une lutte systématique contre les pourridiés ne s'imposerait pas : c'est le cas illustré par les courbes C et D des graphiques 21 et 22 et par la courbe du graphique 24.
Comme il ne fut pas possible, dans le cas des objets C et D précités, de mettre en évidence une différence qui soit significativement imputable à la couverture, on doit en déduire qu'après une certaine période c'est le nombre d'années écoulées depuis la date du défrichement qui joue un rôle prépondérant dans la réduction de l'infection.



Graphique 24. — Evolution du taux d'occupation des hévéas en association avec des caféiers.

Une jachère forestière de 3 ans 10 mois, suivant le défrichement, marque déjà un effet bénéficiel très net par rapport aux objets plantés d'hévéas juste après défrichement. Contrairement à ce qui fut dit pour les objets C et D (10 ans écoulés depuis l'abattage), la diminution d'infection offerte par la jachère de 3 ans 10 mois n'est pas suffisante pour autoriser l'absence de tout traitement surtout dans les premières années de la plantation.

§ 3. - INCIDENCE DES POURRIDIÉS EN PARCELLES TRAITÉES EN RELATION AVEC DIVERSES MÉTHODES CULTURALES

1. - *DENSITE DE PLANTATION ET ECLAIRCIES.*

a) *Introduction.*

Depuis longtemps déjà (Petch, 1921), prévaut l'opinion suivant laquelle les plantations denses sont plus gravement touchées par les maladies radiculaires. Certains auteurs, en Extrême-Orient, considéraient des densités de 450 arbres/ha comme exagérées [196] et préconisaient de ramener l'occupation normale aux environs de 250 sujets à l'hectare.

Ces considérations, émises par des mycologues, ne cadraient guère avec les nécessités de la pratique. Celle-ci impose en effet, conformément aux expériences acquises, de planter à densité assez élevée et de réaliser ultérieurement des éclaircies sélectives. Cette méthode est particulièrement indiquée lorsque le matériel de plantation est constitué de semenceaux clonaux dont la variabilité de production individuelle peut être réduite dans une forte mesure au moyen d'éclaircies judicieusement conduites. Elle est encore utile pour les plantations de greffes qui manifestent, bien que dans une mesure moindre que les semenceaux, une certaine variabilité du potentiel individuel de production, imputable notamment à l'influence des sujets porte-greffes.

Un certain nombre d'hévéas greffés manifestent enfin, après une certaine durée d'exploitation, des tares suffisamment graves pour justifier leur élimination (chablis, B.B.B., maladies d'origine parasitaire).

La réalisation même des éclaircies a été signalée par divers auteurs, notamment SHARPLES [243], comme susceptible d'accroître l'extension des pourridiés. On en trouvait la raison dans la technique même de l'éclaircie qui consistait le plus souvent, pour des motifs d'économie, en un recépage au niveau du sol des arbres appelés à disparaître. Les pivots et les racines des arbres éliminés, en se décomposant dans le sol de la plantation, créeraient des conditions idéales à l'extension des pourridiés.

D'autres auteurs, parmi lesquels SOESMAN [253], défendaient au contraire le principe de la plantation dense, en arguant de la nécessité d'une forte densité initiale pour autoriser le maintien d'une occupation suffisante à l'âge adulte. SOESMAN faisait même allusion à la possibilité d'une sélection naturelle, qui aurait éliminé les individus peu résistants aux pourridiés, au sein des populations densément établies.

Nous sommes personnellement convaincus de la nécessité de recourir, au Congo belge, à de fortes densités initiales de plantation. Il n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage d'analyser tous les motifs qui plaident en faveur de cette conviction. Sous le seul aspect du problème des pourridiés, nous pouvons affirmer que des plantations d'hévéas établies à faible densité sont vouées à l'anéantissement, à plus ou moins longue échéance, si des mesures de contrôle sanitaire très strictes ne sont pas appliquées régulièrement.

Enfin, pour autant que ces plantations soient situées sur des sols légers ou d'une manière générale dans des conditions de forte infection potentielle, l'application d'une méthode de lutte n'évitera pas la décroissance rapide du taux d'occupation jusqu'à un niveau où une exploitation rentable ne sera plus possible.

Nous avons voulu nous rendre compte jusqu'à quel point une densité assez élevée de plantation était susceptible d'accroître les dégâts, imputables à l'intervention des parasites radiculaires.

Nous avons donc analysé les données qu'il nous fut possible de recueillir à partir d'un essai de densité et d'éclaircie établi en 1940 à la Division de l'Hévéa.

b) *Description de l'essai étudié.*

L'essai étudié, d'une superficie de 50 ha, fut établi en 1940 sur l'emplacement d'une forêt primaire qui fut défrichée sans incinération. Une série de clones (Tj 1 - Tj 16 - M 1 - M 4 - M 8 - Av 49 - Av 163 - BD 5) furent établis en stumps greffés, suivant une gamme de densités différentes : 340 - 400 - 500 - 750 arbres/ha. Seul le clone Tj 16 fut étudié pour toutes ces densités. Les autres clones furent représentés, ou bien par des densités extrêmes de 400 et 750 arbres/ha (M 8 - Tj 1) ou bien par un seul type de densité, généralement de 750 arbres/ha (M 1 - M 4 - Av 49).

Chaque parcelle objective était répétée quatre fois dans cette expérience établie en blocs complets randomisés (quatre blocs : A - B - C - D).

Diverses modalités d'éclaircies furent appliquées suivant un schéma déterminé qui admettait pour les parcelles à forte densité initiale des réductions différentes du taux d'occupation à un âge donné. Il y avait notamment deux objets Tj 16 établis à un écartement de 6,66 × 2 m (750 arbres/ha), qui devaient être ramenés progressivement à des densités respectives de 300 et 350 arbres/ha à l'âge de 7 ans. Ces éclaircies tardives, si elles ont fourni d'excellents résultats sous l'angle de la productivité, ont par contre compliqué singulièrement nos travaux d'interprétation des données issues des observations sanitaires.

Une même couverture de recru naturel est installée sur toute la surface de l'essai.

Quelques parcelles enfin, en bordure de l'essai, furent établies sur un recru forestier âgé de quelques années, qui se situait sur l'emplacement d'une bande de garde taillée autrefois dans le bloc forestier destiné au présent essai d'écartement. On se souviendra de cette particularité lorsque nous interpréterons les données issues des parcelles du bloc D de cet essai, dont quelques-unes sont situées sur cette ancienne bande de garde [1].

c) *Résultats acquis.*

Nos observations ont surtout porté sur le clone Tj 16 qui était représenté par les diverses densités initiales de 330 - 400 - 500 et 750 hévéas/ha. De cette manière, nous pouvions dégager strictement l'influence éventuelle de la seule densité de plantation sur l'incidence des pourridiés, le matériel étant par ailleurs identique ainsi que les diverses méthodes culturales appliquées pour tous les objets considérés.

Ces parcelles objectives, comme tous les champs de la Division de l'Hévéa, étaient enfin régulièrement mises en observation du point de vue sanitaire depuis la première ronde effectuée à l'âge de 5 ans. La fréquence des rondes sanitaires fut de 6 mois jusque 8 ans et de 12 mois ultérieurement.

Nous avons malheureusement dû renoncer à pouvoir interpréter les observations réalisées suivant la méthode déjà précédemment utilisée, soit le tracé de courbes d'existences dans le temps pour chacun des types de densité figurés dans l'essai et le calcul du taux annuel moyen de mortalité affectant chacun des objets à l'étude.

Nous précisons en effet que la réalisation du protocole de l'expérience a nécessité l'intervention de cinq éclaircies, qui se sont échelonnées entre 1944 et 1948, soit entre 3 ½ et 7 ½ ans de plantation.

---

(1) On sait que les besoins de l'expérimentation nous obligent à créer, en bordure de certains essais, des zones de 50 à 100 m de largeur, dans lesquelles la forêt est abattue et qui sont communément désignées par l'appellation « bandes de garde ».

Nous avons assez développé, dans le chapitre traitant de la méthodique des observations, les difficultés d'interprétation que posent des données issues d'un champ soumis à des éclaircies artificielles, pour ne plus devoir y revenir dans le cadre de cette expérience.

Une difficulté supplémentaire devait encore se présenter ici du fait que les éclaircies successives n'intervinrent pas strictement aux mêmes dates dans les 4 blocs de l'essai. En fait, nous avons dû borner notre interprétation des données sanitaires à deux blocs comparables — les deux autres ayant subi des traitements fongicides différents — en estimant d'une part, le taux annuel de mortalité relevé dans les divers objets durant des périodes comprises entre des éclaircies successives et d'autre part les indices de pathogénéité intéressant les mêmes périodes de temps.

Tableau XXXVIII. — Décroissance du taux annuel d'occupation pour diverses densités du Tj 16 au Bloc E

Période	Densité initiale observée à l'ha							
	340	400	500	500	500	750	750	750
4 ½ à 5 ½ ans	2,9	1,8	0,7	5,4	1,7	1,4	0	2,4
5 ½ à 6 ½ ans	8,6	5,6	0	7,3	0,8	0,4	0,9	0
		Eclaircie						
8 ½ à 9 ½ ans	3,8	2,7	1,3	4,2	1,7	1,3	2,3	2,0
9 ½ à 10 ½ ans	6,7	0	2,0	2,4	1,7	1,3	0,1	0
Taux annuel moyen de mortalité	5,5	2,5	1,0	4,8	1,5	1,1	0,8	1,1

Les taux annuels de mortalité, calculés pour différentes périodes et pour les diverses densités auxquelles fut établi le clone Tj 16, figurent dans les tableaux XXXVIII et XXXIX qui intéressent respectivement les blocs E et D de l'expérience.

L'examen de ces tableaux permet de faire les quelques constatations suivantes :

— les taux de mortalité les plus élevés sont enregistrés dans les parcelles à faible densité initiale (340 arbres/ha);

Tableau XXXIX. — Décroissance du taux annuel d'occupation pour diverses densités du Tj 16 au Bloc D, après forêt et après jachère forestière

Période	Densité initiale observée à l'ha (forêt)							Densité initiale à l'ha (jachère forestière)	
	340	400	500	500	500	750	750	500	750
3 ½ à 4 ½ ans	6,8	3,5	6,5	3,0	5,3	2,8	4,5	4,7	1,0
4 ½ à 5 ½ ans	2,6	0	0,6	0	1,4	—	2,3	0	0,4
				Eclaircie					
7 ½ à 8 ½ ans	4,3	5,5	0,6	1,8	0,6	0,7	2,1	0,6	0
8 ½ à 9 ½ ans	1,7	4,9	1,0	3,6	3,3	0,6	3,6	1,7	0,5
Taux annuel moyen de mortalité	3,9	3,5	2,2	2,1	2,7	1,4	3,1	1,8	0,5

— à l'exception d'une seule parcelle du bloc D (tableau XXXIX), les objets à 750 hévéas/ha n'ont pas manifesté un accroissement du taux de mortalité par rapport aux objets à plus faible densité. Au contraire, on note même une tendance assez nette à ce que les objets à forte densité initiale extériorisent des taux moyens de mortalité inférieurs à ceux qui furent enregistrés pour les objets à 340, 400 et 500 hévéas/ha;

— dans le bloc D, on notera que les parcelles à 500 et 750 hévéas/ha situées sur l'emplacement de la jachère naturelle sont moins affectées par la mortalité que les parcelles de densité équivalente sises après forêt.

Nous avons calculé, pour les mêmes parcelles des deux blocs précités, les indices de pathogénéité à diverses périodes. Les tableaux XL et XLI donnent les valeurs obtenues pour les indices de pathogénéité au cours d'une période de 5 années.

L'étude de ces indices de pathogénéité confirme entièrement les observations précédemment tirées de l'examen des taux de mortalité. On note en effet une nette tendance à un accroissement de l'infection dans les parcelles plantées initialement à 340 et 400 hévéas/ha. Une seule parcelle à 500 arbres/ha (tableau XL) dans le bloc E présente des indices de pathogénéité supérieurs à ceux qui sont calculés pour toutes les autres. Ici également, on remarquera que l'infection présente dans les parcelles à forte densité initiale (750 arbres/ha) tend à se réduire par rapport à ce que l'on observe dans les densités inférieures.

Tableau XL. — Indices de pathogénéité calculés pour les diverses densités du clone Tj 16 au Bloc E

Age	Densité initiale observée à l'ha							
	340	400	500	500	500	750	750	750
4 ½ ans	21,9	28,6	11,1	29,5	11,9	5,5	6,6	7,0
5 ½ ans	40,4	28,5	12,6	34,3	14,3	5,7	8,0	11,4
6 ½ ans	25,7	17,5	5,6	27,4	18,3	3,4	4,9	3,9
8 ½ ans	34,1	24,2	12,0	37,8	22,4	9,2	7,7	12,0
9 ½ ans	32,5	25,5	10,8	35,4	8,9	8,5	9,1	10,7

Enfin, l'état sanitaire des parcelles établies après jachère naturelle apparaît ici nettement meilleur que pour tous les autres objets situés sur défrichement forestier récent (tableau XLI).

Tableau XLI. — Indices de pathogénéité calculés pour les diverses densités du clone Tj 16 au Bloc D, après forêt et après jachère naturelle

Age	Densité initiale observée à l'ha (forêt)							Densité initiale à l'ha (jachère)	
	340	400	500	500	500	750	750	500	750
3 ½ ans	42,6	19,5	17,8	11,7	18,9	15,7	31,9	7,1	8,8
4 ½ ans	39,4	13,1	6,7	6,1	19,0	9,0	16,7	2,4	2,4
5 ½ ans	33,7	23,8	9,7	8,2	20,0	5,6	21,5	9,0	3,9
7 ½ ans	33,7	21,8	4,3	11,6	10,2	11,0	8,4	2,1	1,4
8 ½ ans	36,4	29,7	7,2	16,4	17,4	12,2	13,8	3,5	2,8

d) *Conclusions.*

Dans des plantations d'hévéas établies sur défrichement forestier récent et soumises à un traitement sanitaire régulier, il semble bien que les taux de mortalité observés dans les parcelles à forte densité initiale ne soient pas supérieurs à ceux enregistrés dans les parcelles à densité plus faible. Au contraire, il semble même se marquer une tendance à ce que les premières soient moins affectées.

Cette observation, qui est d'ores et déjà au stade de la vérification expérimentale dans les champs d'essais du Centre de Recherches de Yangambi, peut paraître paradoxale *a priori*, si l'on se souvient que la technique des éclaircies sélectives contribue à créer dans les plantations d'hévéas des foyers secondaires d'infection. Tout arbre recépé est, en effet, prédisposé à servir de gîte aux pourridiés. Ainsi, les recépages au ras du sol d'un grand nombre d'individus, au cours des éclaircies qui couvrent plusieurs années, devraient contribuer à accroître sensiblement le taux d'infection dans les plantations densément établies. Or, les observations faites semblent montrer non seulement qu'il n'en est rien, mais qu'au contraire ces plantations denses présenteraient à un certain âge un meilleur état sanitaire général.

On en est encore réduit aux hypothèses pour expliquer ce phénomène. Nous pensons pourtant que son explication doit résider dans l'une ou l'autre des raisons suivantes, si ce n'est dans l'ensemble :

1) La plantation à forte densité permet de détecter très rapidement la présence des foyers d'infection [1]. Les hévéas très malades sont systématiquement éliminés dès le plus jeune âge, ce qui diminue au cours du temps les probabilités d'infection d'un hévéa à l'autre par le contact des systèmes radiculaires.

2) Les éclaircies à réaliser dans des plantations à forte densité initiale [2] se basent non seulement sur la vigueur et la productivité des sujets, mais également, dans une certaine mesure, sur leur état sanitaire. C'est ainsi que les éclaircies tardives (au delà de 6 ans) sont basées exclusivement sur la productivité individuelle et l'état sanitaire, celui-ci étant défini par la présence éventuelle de cas graves de pourridiés (pivots incurables), d'affections du panneau de saignée et de dégâts importants de la couronne et du tronc sous l'action des vents.

   Ainsi les éclaircies successives contribuent à éliminer progressivement tous les cas graves d'attaques radiculaires et donc les foyers secondaires d'infection. Il est probable aussi que les éliminations d'arbres atteints de pourridiés — que ce soit par mortalité naturelle ou par éclaircie artificielle — affectent en premier lieu dans une plantation donnée une fraction plus ou moins importante des individus les moins résistants à l'action des parasites. Ceci implique évidemment l'existence d'une capacité déterminée de résistance ou de susceptibilité des hévéas à l'échelle individuelle.

---

(1) Ceci se rattache en somme à une technique préconisée depuis longtemps en Extrême-Orient, qui consiste à utiliser l'hévéa lui-même comme plante indicatrice des foyers d'infection dispersés dans un défrichement.

(2) Les raisons d'élimination d'un certain nombre d'hévéas, dans des parcelles plantées à forte densité initiale, varient avec le temps. Les premières éclaircies (jusque 5 ans) sont exclusivement basées sur la vigueur et l'état sanitaire des sujets, parfois sur la production individuelle si on a procédé à des tests précoces de productivité. Dans les conditions de la pratique industrielle, de tels tests en champ (type test MORRIS-MANN) sont rarement appliqués et l'éclaircie se base principalement sur la vigueur et l'état de santé des hévéas.
Pour les éclaircies réalisées au delà de 6 ans (cas de plantations maintenues à 500 arbres/ha pour la mise en saignée), on ne tient compte que de la productivité individuelle et de l'état sanitaire des hévéas.

La fraction restante de la population, après les dernières éclaircies, serait normalement plus saine pour les diverses raisons suivantes :

— les éclaircies antérieures et les traitements ont éliminé un bon nombre de foyers secondaires d'infection;
— une partie des individus survivants seraient plus « résistants »;
— la fraction de population qui subsiste atteint un âge qui permet d'augurer une résistance accrue à l'action des pourridiés et une meilleure capacité de régénération des organes lésés par les parasites.

3) La plantation dense reconstitue plus rapidement un microclimat forestier, surtout dans le cas de plantations établies avec recru naturel, ce qui contribuerait à recréer les conditions d'un équilibre biologique, tel qu'il fut précédemment défini.

4) La plantation dense réduit de manière notable le taux de chablis affectant les hévéas [1], ce qui contribuerait également à assurer un meilleur état sanitaire général. Nous avons eu en effet l'occasion de préciser que des hévéas gravement endommagés par l'action des vents semblaient plus réceptifs aux pourridiés.

Quelle que soit la cause à invoquer, il apparaît bien que la plantation établie à forte densité et soumise à un traitement sanitaire régulier maintient par unité de surface une meilleure occupation au cours des années que les plantations établies avec une densité initiale relativement faible (300 à 500 hévéas/ha). Cette meilleure occupation n'est pas seulement le fait de la plus forte densité initiale de plantation, mais aussi, semble-t-il, d'une réduction plus nette du taux d'infection à partir d'un certain âge.

En fait, les succès que nous avons enregistrés sous l'angle de la productivité globale par ha, au moyen de plantations établies à forte densité, découlent d'un concours de circonstances que l'on peut résumer comme suit :

— accroissement du potentiel productif individuel par élimination progressive des non-valeurs (éclaircies);
— meilleure occupation par ha lors des périodes qui correspondent à un potentiel productif maximum (10 à 12 ans), cette occupation étant notamment acquise par une réduction sensible des pertes normalement attribuables aux pourridiés dans les plantations établies à faible densité.

Personnellement, l'expérience, acquise en la matière depuis des années, nous amène à considérer la forte densité de plantation comme une méthode indirecte de lutte contre les dégâts imputables aux pourridiés. Cette technique culturale, combinée à l'application d'une méthode de lutte appropriée, est la seule solution actuellement applicable pour autoriser une exploitation rationnelle et rentable des plantations d'hévéas établies dans des milieux infectés par les parasites radicicoles.

---

(1) Le clone Tj 16, par exemple, peut présenter des taux de chablis variant de 5 à 20 % selon que les densités initiales de plantation varient de 750 à 350 arbres par ha.

2. - INCINERATION ET NON-INCINERATION.

a) *Introduction.*

L'incinération des abattis est une technique qui a été signalée depuis longtemps par divers auteurs comme responsable d'un accroissement des dégâts dus aux pourridiés. NAPPER signalait notamment avoir enregistré deux fois plus de perte en incinéré qu'en non incinéré dans les trois premières années de plantation des hévéas. Cette observation de NAPPER, qui sembla se confirmer ultérieurement par les résultats de divers expérimentateurs, ne reçut d'ailleurs jamais une explication satisfaisante. On invoqua souvent le fait que la non-incinération, en laissant une masse de bois plus grande sur le terrain, pouvait différer la propagation du *Fomes*, lequel pouvait plus longtemps s'accomoder d'une vie saprophytique sur des masses ligneuses aussi importantes que celles laissées sur le sol de la plantation par cette technique d'ouverture.

Nous pensons que ce point de vue est loin de refléter la véritable raison du phénomène observé. Si l'on veut, en effet, opérer un retour dans le temps et se replacer dans les conditions qui présidèrent aux expériences culturales en relation avec l'incidence des pourridiés, on s'apercevra que l'incinération n'était pas le seul élément susceptible d'influencer le taux d'infection plus ou moins élevé que l'on observait dans des plantations ainsi traitées. A ce moment, l'incinération constituait l'un des éléments qui, avec l'essouchement, l'élimination des débris de surface et le « clean weeding », contribuait à la réalisation des plantations « clean cleared » où le nettoyage était d'autant plus poussé que l'on craignait davantage l'apparition du *Fomes*.

L'incinération par elle-même ne pouvait que contribuer à tuer plus rapidement un certain nombre de souches, ce qui devait amener logiquement une réduction du nombre de foyers de propagation possibles pour les pourridiés. Elle avait par contre un effet indirect, poursuivi et accentué par l'application du « clean weeding »; c'est l'échauffement plus important des couches supérieures du sol, consécutif à la dénudation plus ou moins totale qu'impliquait le mode d'ouverture et l'entretien ultérieur. Dans ces conditions, on peut admettre que le *Fomes lignosus*, dont la thermophilie semble bien prouvée, puisse accroître dans de grandes mesures sa propagation végétative au point de provoquer *in fine* une infection généralisée du terrain. Ce processus d'extension peut être encore favorisé par d'autres circonstances :

— l'incinération enrichit les horizons supérieurs sur ± 30 cm de profondeur en éléments chimiques solubles. Elle amène un accroissement de la teneur en P_2O_5 et en bases échangeables et relève la valeur du pH [102]. On sait que des valeurs élevées du pH, tendant vers l'alcalinité, semblent accroître la propagation végétative du mycélium de *Fomes;*

— l'incinération diminue enfin, de manière considérable, l'abondance du genre *Trichoderma* au sein de la microflore du sol (LAUDELOUT [102]).

Le maintien d'une dénudation accentuée du sol, par l'application du « clean weeding », doit certainement retarder beaucoup le rétablissement des conditions normales, du moins en ce qui concerne la composition floristique de la microflore. Le retour à une valeur de pH plus acide (aux environs de 4) doit au contraire se réaliser plus rapidement et entraîner de ce fait un accroissement de la virulence du *Fomes lignosus*.

Ces diverses hypothèses devront évidemment être confirmées expérimentalement.

Il faut encore ajouter que le « clean clearing », tel qu'il fut jadis préconisé et appliqué en Extrême-Orient, fut bientôt rendu responsable de certaines dégradations affectant les sols (érosion, perte de fertilité) de plantation. Les hévéas, par voie de conséquence, devaient fatalement souffrir d'une telle modification du milieu, ce qui pouvait entraîner une susceptibilité accrue à l'action des parasites.

Nous pouvons résumer les diverses considérations émises jusqu'ici en disant que les affirmations suivant lesquelles l'incinération entraîne par elle-même une aggravation de l'infection par les pourridiés ne sont pas étayées par des preuves convaincantes.

Enfin, on a trop souvent imputé à cette technique des dégâts qui étaient vraisemblablement attribuables à une série de facteurs parmi lesquels l'incinération ne jouait peut-être pas le rôle le plus important.

b) *Essais étudiés.*

Nous exposerons, dans les lignes qui vont suivre, les éléments que nous avons pu acquérir touchant le problème de l'incinération dans deux essais différents.

1) *Essai « Incinéré et Non incinéré ».*

Cet essai de la Division de l'Hévéa envisageait les deux modes d'ouverture sous l'angle de leur influence sur la vigueur et la productivité des hévéas. Chacun des deux objets était représenté par quatre répétitions de 1 ha. L'incinération, très poussée, fut accompagnée dans les objets correspondants par un essouchement assez important; seules les grosses souches furent respectées, mais cernées par des tranchées de 80 cm de profondeur. Dans les quatre parcelles traitées par non-incinération, on effectua un essouchement total portant sur des bandes de 2,50 m de largeur à l'emplacement des lignes de plantation.

Ces deux modalités d'essouchement constituent un élément de variabilité que nous n'avons évidemment pu éliminer pour l'interprétation ultérieure des données touchant l'incidence des pourridiés dans l'un et l'autre objets.

La plantation, réalisée en stumps greffés en septembre 1938, fut établie à l'écartement de 6,25 × 4 m, soit à une densité d'environ 400 arbres/ha.

Une couverture fut constituée par semis de *Pueraria* et *Calopogonium*, cette dernière plante ayant pratiquement disparu endéans les 2 années qui suivirent son établissement.

Le traitement sanitaire fut entrepris en 1945, soit sur des hévéas âgés de 7 ans.

Nous avons consigné dans le tableau XLII, les taux de mortalité cumulés enregistrés de 7 ans à 8 ans 8 mois de plantation, date à laquelle cessèrent les observations.

Tableau XLII. – Taux de mortalité cumulée enregistrés de 7 ans à 8 ans 8 mois dans les objets « incinéré » et « non incinéré »

Mode d'ouverture	Age					Taux annuel moyen de mortalité
	7 ans	7 ans 4 mois	7 ans 8 mois	8 ans 4 mois	8 ans 8 mois	
Non-incinération	15,5	16,3	18,9	19,8	20,3	2,6
Incinération	11,8	12,5	15,0	15,4	15,7	2,1
Ecart	3,7	3,8	3,9	4,4	4,6	0,5

Il ressort de ces données un faible avantage pour les objets établis par incinération. L'écart enregistré, de l'ordre d'un demi pour cent, entre les taux annuels moyens de mortalité des deux objets est tellement faible qu'on ne peut lui attribuer une signification.

Les taux de pathogénéité, tels que nous les avons calculés dans le tableau XLIII, semblent indiquer la présence d'une infection plus grande dans les objets « non incinérés » au cours de toute la période couverte par les observations.

Il semble cependant y avoir une atténuation des écarts entre les indices de pathogénéité avec le temps. Comme d'autre part, les courbes d'évolution de la mortalité dans les deux objets sont absolument parallèles (cfr valeurs du tableau XLII), il semble que l'écart observé entre eux soit induit par la seule différence enregistrée au début des observations, à l'âge de 7 ans. On ne peut donc tirer aucune conclusion de cet essai, touchant le rôle de l'une ou l'autre des méthodes d'ouverture sur l'incidence des dégâts attribuables aux pourridiés.

Tableau XLIII. – Indices de pathogénéité calculés de 7 ans à 8 ans 8 mois pour les 2 objets

Mode d'ouverture	Age				
	7 ans	7 ans 4 mois	7 ans 8 mois	8 ans 4 mois	8 ans 8 mois
Non-incinération	31,6	13,6	18,1	16,0	14,4
Incinération	25,6	8,5	14,2	13,8	11,6

2) *Comparaison de deux champs établis par les deux modes d'ouverture.*

Nous avons encore examiné les résultats des observations sanitaires ayant porté sur deux champs établis simultanément, l'un par non-incinération, l'autre par incinération.

Les inspections sanitaires furent conduites, dès l'âge de 3 ans, simultanément dans les deux champs.

Il existe malheureusement un élément de variabilité important dans le mode d'entretien. La plantation « non incinérée » est en effet dotée d'un recru naturel, tandis que l'« incinérée » fut couverte de *Pueraria*. Cette dernière plantation a enfin subi un « clean weeding » annuel pour autoriser la récolte des graines.

Des éclaircies, intervenues entre 3 et 5 ans, n'ont pas permis de réaliser avant cette dernière date l'interprétation des données d'observations.

Les taux annuels moyens de mortalité, tels qu'ils ressortent du tableau XLIV avec des valeurs de 3,8 et 2,1 % respectivement pour l'incinération et la non-incinération, semblent donner l'avantage à ce dernier objet.

Cet avantage revenant au non incinéré peut cependant s'expliquer par quelques-unes des caractéristiques définies plus haut pour chacun des deux champs comparés :

— le champ non incinéré est couvert depuis le début par un recru naturel qui contribue certainement à assurer à cet objet un microclimat plus voisin des conditions forestières que ne peut le réaliser la couverture de *Pueraria*, présente dans le champ incinéré;
— le champ incinéré a subi périodiquement un nettoyage total (« clean weeding ») pour permettre la récolte des graines;
— les éclaircies furent plus importantes dans le champ non incinéré, ce qui a pu contribuer à éliminer dans le jeune âge (4 ½ ans) bon nombre de

cas graves d'affections radiculaires. Le faible taux de mortalité enregistré à 5 ans dans ce champ (0,4 %) témoigne du rôle qui fut joué par l'éclaircie;

— enfin, le rythme des rondes sanitaires, fixé à 4 mois puis à 6 mois pour le champ non incinéré, était pendant le même temps de 6 mois et de 1 an pour le champ incinéré.

Tableau XLIV. – Taux de mortalité calculés de 5 à 8 ans pour les deux traitements

Mode d'ouverture	Age				Taux annuel moyen de mortalité
	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	
Incinération	3,4	7,0	9,9	14,7	3,8
Non-incinération	0,4	1,6	4,0	6,6	2,1
Ecart	3,0	5,4	5,9	8,1	1,7

Ces diverses considérations suffisent à nous convaincre que l'écart moyen enregistré (1,7 %) entre les taux de mortalité des deux champs précédemment décrits n'est pas imputable à la seule action de l'incinération.

L'examen des indices de pathogénéité, relevés de 5 à 8 ans dans les deux traitements (tableau XLV), ne manque d'ailleurs pas de confirmer nos restrictions à l'égard de la signification de l'écart observé entre les taux de mortalité.

On remarque en effet que l'indice de pathogénéité affectant le champ incinéré, tout en étant plus élevé au départ que l'indice correspondant en non incinéré, se maintient relativement constant jusqu'à 7 ans de plantation. L'indice de pathogénéité du champ non incinéré marque au contraire un accroissement continuel pendant la même période et se montre finalement plus important que l'indice intéressant le champ incinéré.

Cette constatation laisse donc planer un doute sur l'évolution ultérieure de la mortalité dans les deux traitements comparés.

Tout comme pour l'essai précédent, on peut conclure qu'il n'apparaît ici aucune tendance nette à un accroissement notable des dégâts de pourridiés imputables à l'incinération.

Tableau XLV. – Indices de pathogénéité calculés de 5 à 8 ans pour les deux modes d'ouverture

Mode d'ouverture	Age considéré			
	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans
Incinération	15,7	15,6	17,5	28,6
Non-incinération	13,2	17,1	24,3	34,8

c) *Conclusions.*

Bien que les deux essais décrits plus haut sont loin de répondre aux conditions exigées par une expérimentation systématique sur le problème des pourridiés, nous pouvons au moins en retirer une indication sur l'importance relative des dégâts observés dans chacun des deux traitements, l'incinération et la non-incinération.

Cette indication se résume à constater que l'incinération des abattis, avant l'établissement des hévéas, ne semble pas accroître l'importance des dégâts dus aux pourridiés. Cette constatation, issue de l'observation de champs soumis à un traitement sanitaire contre les pourridiés, est à rattacher aux conclusions que nous devions tirer précédemment de l'évolution naturelle des dégâts imputables aux parasites radiculaires, telle qu'elle se manifesta dans des champs témoins soumis aux diverses modalités de défrichement. Il s'agit de l'essai décrit à la page 307, dans lequel les deux traitements, incinération et non-incinération, étaient représentés par des parcelles absolument comparables entre elles pour toutes les caractéristiques culturales, hormis le mode d'ouverture qui constituait la variable étudiée.

Nous rappellerons, pour mémoire, qu'il n'existait aucune différence significative entre les taux de mortalité affectant chacun des deux traitements. Les courbes A1 et A2 du graphique 22, exprimant l'évolution des taux de mortalité dans les deux modes d'ouverture, ne permettent en effet de tirer aucun argument en faveur de l'un ou l'autre traitement.

Nous avions enfin émis l'hypothèse que le faible écart observé entre les taux d'existence au départ des observations et qui s'est maintenu tel jusqu'à la fin était imputable à l'action de la dénudation temporaire du sol durant la période qui s'écoula entre l'incinération et la reconstitution d'un recru naturel.

Ainsi, sans vouloir nier toute influence ultérieure de l'incinération sur l'incidence des pourridiés, nous pensons que cette influence n'est susceptible

d'entraîner des effets notables qu'au cas où sont maintenues des conditions voisines de la dénudation du terrain, telle qu'elle existait au moment de l'incinération.

Pour autant, croyons-nous, qu'un couvert végétal naturel ou artificiel soit constitué assez rapidement, la tendance de l'incinération à susciter un accroissement des dégâts de pourridiés s'atténue rapidement jusqu'à ne plus offrir aucune différence sensible avec l'évolution des dégâts telle qu'on l'observe dans les champs établis sans incinération du défrichement.

Comme nous l'avions déjà pressenti et comme nous aurons l'occasion de le répéter, les présentes conclusions nous montrent que le mode d'ouverture, tout comme le type de couverture végétale d'ailleurs, ne constitue pas un élément déterminant de la gravité des dégâts occasionnés par les pourridiés dans les plantations d'hévéas.

Les types de sol sur lesquels nous établissons nos plantations et le temps qui s'est écoulé entre le défrichement de la forêt et la plantation des hévéas constituent les éléments essentiels capables de déterminer, avec l'application d'une méthode de lutte adéquate, l'état sanitaire des plantations et leur rentabilité future.

3. - *COUVERTURES VEGETALES.*

a) *Introduction.*

Le rôle joué par les plantes de couverture dans l'évolution des dégâts imputables aux pourridiés est l'un des problèmes qui semble avoir le plus attiré l'attention des spécialistes, en Malaisie et en Indonésie notamment.

On a écrit d'abondance sur cette question qui suscita même plus d'expériences et de commentaires que le problème des modalités d'ouverture pourtant si important.

Cette cristallisation de l'intérêt des spécialistes sur le problème des plantes de couverture trouve notamment son origine dans une réaction à l'encontre du « clean clearing » ou nettoyage intégral des plantations d'hévéas, quand il s'avéra que cette méthode était nuisible, tant au point de vue de l'état sanitaire général que sous l'angle de la rentabilité des exploitations.

Les nombreuses publications touchant l'influence des couvertures sur l'incidence des pourridiés dans les plantations d'hévéas peuvent, selon nous, se rattacher à trois courants d'opinion que nous allons tenter de résumer.

1) *La nécessité des plantes de couverture.*

Napper [174] fut l'un des premiers auteurs qui attirèrent l'attention sur le rôle utile joué par les plantes de couverture dans le sens d'une diminution de l'infection, affectant les plantations d'hévéas. Les données de Napper intéressaient les taux d'infection relevés dans des plantations « clean weeded », en comparaison avec des plantations dotées d'une couverture. Les

travaux poursuivis par divers auteurs, après NAPPER, aboutirent à des conclusions suivant lesquelles l'efficacité des couvertures, dans la réduction des taux d'infection attribuables aux pourridiés, était d'autant plus grande que celles-ci étaient plus denses. Cette observation fit bientôt préférer l'utilisation de légumineuses érigées ou de recru naturel dans les plantations d'hévéas afin de créer des conditions de milieu qui soient plus proches de l'ambiance forestière. Le recru naturel était particulièrement recommandé en Malaisie pour les avantages suivants, reconnus ou supposés : forte densité du couvert et grande diversité de la composition floristique qui devait lui assurer un degré moyen de susceptibilité, inférieur à celui de beaucoup d'autres plantes de couverture, généralement établies sous forme de population monospécifique.

Suivant la règle établie que « l'importance des dégâts de pourridiés chez les hévéas variait en sens inverse de la densité et de la diversité de la couverture végétale », on admettait un maximum d'infection en « clean weeding » et un minimum sous un couvert dense de recru naturel.

Diverses expériences, signalées dans la bibliographie, renseignent des taux d'infection deux fois plus élevés en parcelles « clean weeding » par rapport à des parcelles dotées d'une couverture, qu'elle soit rampante ou érigée [33]. Des essais réalisés à Sumatra concluaient à l'efficacité du *Pueraria* dont la présence amenait une réduction de 50 % des pertes observées dans des champs soumis au « clean weeding » [83]. Des essais de comparaison entre couvertures érigées (légumineuses) et rampantes, il ressortait un avantage en faveur des plantes de couverture buissonnantes, qui déterminaient une nette réduction de l'infection observée dans les champs à couverture rampante. Cette dernière induisait chez les hévéas un taux d'infection supérieur de 30 % à celui qui était observé dans les couvertures érigées. Par contre, le coût du traitement sanitaire dans ces dernières parcelles s'avérait de 50 % plus élevé que dans les champs à couverture rampante [32].

Nous avons eu précédemment l'occasion de discuter des arguments avancés pour expliquer l'action « freinante » des couvertures végétales sur la propagation des infections radiculaires. Nous croyons donc inutile de répéter ici les critiques que l'on peut formuler à leur intention. Il faut enfin préciser que la plupart des auteurs ayant étudié le problème des plantes de couverture ont admis que leur efficacité, dans la réduction des infections dues aux parasites radiculaires, n'était cependant jamais suffisante pour autoriser l'abandon d'une méthode de lutte bien conçue.

2) *Du choix des plantes de couverture.*

La démonstration de l'efficacité des plantes de couverture dans la réduction du taux d'infection des hévéas fut bientôt suivie d'observations portant sur la susceptibilité de certaines d'entre elles aux attaques des parasites radiculaires. MURRAY [160], l'un des premiers, signala que la plupart des

couvertures érigées (genres *Tephrosia, Crotalaria, Clitoria*) sont susceptibles aux attaques de ces parasites dès qu'elles se lignifient. Selon cet auteur, l'usage de *Crotalaria* favorisait l'extension du *Fomes* dans les plantations. Il soupçonnait enfin certaines couvertures rampantes d'avoir la même action, indirectement, en agissant sur l'humidité du sol qui favoriserait alors la propagation des mycéliums. MURRAY signalait notamment le rôle néfaste de *Vigna oligosperma,* qu'il attribuait à la luxuriance de cette plante fort envahissante. SANDERSON [224] et SHARPLES [244] devaient également, parmi d'autres auteurs, souligner la susceptibilité au *Fomes* de beaucoup de légumineuses de couverture et leur attribuer un rôle possible dans l'extension des maladies radiculaires.

Ces opinions, pour exagérément pessimistes qu'elles puissent paraître, n'en furent pas moins utiles puisqu'elles attirèrent l'attention sur l'exagération des premières conclusions qui tendaient à attribuer un effet bénéfique certain à toutes les couvertures végétales en usage.

Dès ce moment, intervinrent des essais destinés à guider le choix des praticiens vers des espèces végétales moins susceptibles à l'action des pourridiés.

Nous devons cependant constater que la bibliographie en cette matière révèle peu d'essais concluants. Bien souvent, des conclusions furent tirées prématurément à partir d'observations ayant porté sur des plantations jusqu'à l'âge de 2 ou 3 ans ! La dernière guerre en Extrême-Orient interrompit enfin, faut-il le dire, de nombreuses expériences intéressantes qui auraient pu apporter des éléments décisifs pour résoudre le problème posé.

3) *Les plantes de couverture « indicatrices ».*

La susceptibilité reconnue de certaines légumineuses buissonnantes fit suggérer leur utilité comme plantes indicatrices pour le repérage précoce des foyers d'infection dans les jeunes plantations. Ces plantes, atteintes par un pourridié, mouraient endéans des délais assez courts, ce qui permettait de déceler assez rapidement la présence de foyers d'infection, lesquels étaient retracés jusqu'à leur point d'origine et extirpés.

Cette technique fut rapidement abandonnée du fait de son prix de revient excessif. Le traitement appliqué, tant aux hévéas qu'aux buissons de couverture reconnus infectés, avec extirpation de tous les foyers d'infection retracés, aboutissait finalement à un affouillement du sol de toute la plantation.

On en revint donc rapidement à une autre conception qui consistait à considérer les jeunes hévéas eux-mêmes comme indicateurs des foyers d'infection.

Les contingences économiques aidant, on se contenta bientôt de traiter les seuls cas de pourridiés visibles sur les hévéas, à la suite des dégagements individuels des systèmes radiculaires réalisés périodiquement.

b) *Les essais à Yangambi.*

Dans le cadre des essais portant sur la détermination de l'efficacité du traitement standard, nous ne disposons actuellement d'aucune expérience qui permette la comparaison entre le « clean weeding » et les plantes de couverture.

Nous disposons en fait d'un seul essai qui autorise une comparaison valable entre trois types de couvertures. Cet essai de 24 ha comporte 4 clones disposés en longues bandes, lesquelles sont recoupées par les couvertures suivantes : recru naturel - mélange *Leucaena, Indigofera, Fleminga - Derris.* Ces couvertures sont représentées par deux répétitions.

Nous avons groupé, dans le tableau XLVI, les taux de mortalité cumulée, établis pour chacune des trois couvertures.

Tableau XLVI. — Taux de mortalité cumulée intéressant chacune des trois couvertures entre 2 et 6 ans de plantation

Age	Couverture			Ecart		
	Recru naturel (1)	Mélange légumineuses (2)	*Derris* (3)	(1) — (2)	(1) — (3)	(3) — (2)
2 ans	14,3	14,3	13,9	0	0,4	—0,4
3 ans	18,9	17,9	18,2	1,0	0,7	0,3
4 ans	21,1	19,8	20,2	1,3	0,9	0,4
5 ans	22,2	21,1	21,9	1,1	0,3	0,8
6 ans	23,4	21,8	22,7	1,6	0,7	0,9
Taux annuel moyen de mortalité	2,3	1,9	2,2			

L'examen des écarts, calculés entre les diverses couvertures considérées deux à deux, laisse apparaître les valeurs maxima pour les objets (1) et (2). Ces écarts ne sont cependant pas significatifs.

On notera d'ailleurs que les valeurs du taux annuel moyen de mortalité (2,3, 1,9 et 2,2 %) pour les diverses couvertures ne diffèrent guère l'une de l'autre.

Enfin, l'examen des résultats parcellaires, qui ont servi à établir les données globales du tableau XLVI, nous a révélé l'existence d'une variabilité tellement importante du taux de mortalité au sein de chacun des objets qu'on ne put attribuer aucune signification aux faibles écarts observés entre les divers objets.

On ne voit donc apparaître ici aucune influence du type de couverture sur l'incidence des pourridiés.

c) *Conclusions.*

Il ne semble se marquer aucune différence dans les taux moyens de mortalité enregistrés dans l'essai précité, comportant trois types de couverture, et dans lequel les hévéas furent soumis à un traitement régulier.

Nous rappellerons à ce propos qu'aucune différence sensible ne ressortit de la comparaison de deux couvertures différentes, observées dans un essai témoin, destiné à étudier l'évolution de la mortalité imputable aux pourridiés dans divers milieux culturaux (p. 307).

Ainsi, les deux essais n'ont pu mettre en évidence une influence quelconque sur l'incidence des pourridiés qui soit imputable à l'action d'une couverture végétale déterminée. Nous ne pouvons évidemment en déduire que toutes les couvertures se valent sous l'angle du problème sanitaire. Nous sommes, au contraire, persuadés que la plante de couverture contribue pour beaucoup à constituer un microclimat particulier dans les plantations d'hévéas. En assurant la thermo-protection du sol, surtout pendant les premières années de plantation, la plante de couverture agit aussi, de manière plus directe cette fois, sur certaines fonctions vitales des champignons parasites.

Comme nous ne disposons pas actuellement d'essais qui comparent des objets extrêmes — « clean weeding » et recru naturel par exemple — nous devons nous référer aux données bibliographiques et admettre qu'il existe des écarts importants dans les taux d'incidence de pourridiés relevés entre ces objets.

Par contre, nous pensons que les écarts doivent être beaucoup plus réduits entre divers types de couvertures végétales, pour autant qu'elles ne soient pas d'une susceptibilité particulière à l'action des pourridiés.

A cet égard, nous pensons qu'une couverture mixte, telle que la représente un recru naturel, est particulièrement intéressante.

Des essais sont actuellement prévus pour élucider certains aspects du problème des couvertures en relation avec l'incidence des pourridiés. On y étudiera, à côté des couvertures d'usage courant (recru, *Pueraria*), certaines graminées dont l'introduction dans les plantations d'hévéas est envisagée dans le cadre d'une expérimentation portant sur de nouvelles méthodes culturales.

En attendant des résultats complémentaires, nous pouvons inférer des données déjà acquises que les écarts prévisibles entre divers types de couvertures seront de loin inférieurs à ceux qui furent enregistrés pour d'autres composantes du milieu de plantation. Nous songeons ici aux influences déterminées sur l'incidence des pourridiés par les types de sol et par les durées de jachère qui précèdent l'établissement des plantations d'hévéas.

§ 4. - INCIDENCE RELATIVE DE *FOMES LIGNOSUS* ET D'*ARMILLARIA MELLEA* EN PARCELLES TÉMOINS ET EN PARCELLES TRAITÉES

1. - *EN PARCELLES TEMOINS.*

Nous avons envisagé jusqu'ici l'incidence des pourridiés de manière tout à fait générale, sans faire de discrimination entre les parasites qui interviennent dans le taux global d'infection d'une plantation.

Parmi ces derniers, nous eûmes l'occasion de préciser que le *Fomes lignosus* et l'*Armillaria mellea* étaient incontestablement les deux champignons les plus nuisibles dont l'incidence représente la quasi totalité des cas de maladies affectant le système radiculaire de l'hévéa.

L'*Armillaria mellea,* sur lequel l'attention se porta particulièrement au cours de ces dernières années, est susceptible d'intervenir d'une façon notable dans le total des cas de pourriture radiculaire enregistrés dans nos plantations.

Nous nous sommes efforcés, ces derniers temps, d'une part de déterminer l'importance relative prise par chacun des deux parasites dans l'infection de certains champs et d'autre part de préciser l'existence possible d'un âge critique à partir duquel l'armillaire se fut avéré quantitativement le plus répandu.

Nous avons consigné dans le tableau XLVII, les indices de pathogénéité *Fomes, Armillaria* et pourridiés pris globalement, calculés pour divers champs observés.

Les données consignées dans ce tableau sont issues de divers objets considérés comme témoins, dans lesquels on referme donc les cuvettes de dégagement après simple constatation des cas de pourridiés.

L'examen de ces données appelle quelques constatations que nous pouvons synthétiser de la manière suivante :

— D'une façon générale, on observe d'une part la proportion relativement élevée que peut prendre l'armillaire dans l'incidence totale des maladies radiculaires, et d'autre part la variabilité qui peut affecter au cours des années les taux de maladie imputable aux deux parasites.

Tableau XLVII. — Indices de pathogénéité du *Fomes* et de l'*Armillaria* et expression de leur incidence relative dans l'infection de divers objets d'un essai cultural ([1])

Objet	Age des hévéas	Indice de pathogénéité			Proportion (%) des cas	
		Fomes	*Armillaria*	Total	*Fomes*	*Armillaria*
Non inciséré (A1)	4 ans	5,3	0,5	5,8	91,4	8,6
	4 ans 4 mois	4,2	0,4	4,6	91,3	8,7
	4 ans 8 mois	5,0	0,7	5,7	87,7	12,3
	5 ans	3,9	0,5	4,4	88,6	11,4
	5 ans 4 mois	4,4	0,9	5,3	83,0	17,0
	5 ans 8 mois	5,1	0,7	5,8	87,9	12,1
	6 ans	6,5	2,1	8,6	75,6	24,4
	6 ans 4 mois	6,5	1,7	8,2	79,3	20,7
Incinéré (A2)	4 ans	6,0	2,0	8,0	25,0	75,0
	4 ans 4 mois	4,4	0,7	5,1	86,3	13,7
	4 ans 8 mois	3,7	0,7	4,4	84,1	15,9
	5 ans	4,1	—	4,1	100,0	—
	5 ans 4 mois	4,7	1,2	5,9	79,7	20,3
	5 ans 8 mois	3,5	1,3	4,8	72,9	27,1
	6 ans	4,3	3,1	7,4	58,1	41,9
	6 ans 4 mois	7,0	2,4	9,4	74,5	25,5
Jachère 3 ans 10 mois (B)	4 ans	5,5	1,5	7,0	78,6	21,4
	4 ans 4 mois	2,4	0,7	3,1	77,4	22,6
	4 ans 8 mois	2,1	0,7	2,8	75,0	25,0
	5 ans	1,8	0,6	2,4	75,0	25,0
	5 ans 4 mois	2,3	0,5	2,8	82,1	17,9
	5 ans 8 mois	3,4	0,7	4,1	82,9	17,1
	6 ans	3,3	1,6	4,9	67,3	32,7
	6 ans 4 mois	3,3	1,8	5,1	64,7	35,3
10 ans de défrichement Couverture légumineuse (C)	4 ans	2,2	0,1	2,3	95,7	4,3
	4 ans 4 mois	1,2	0,1	1,3	92,3	7,7
	4 ans 8 mois	1,3	0,1	1,4	92,9	7,1
	5 ans	1,0	0,1	1,1	90,9	9,1
	5 ans 4 mois	0,8	0,1	0,9	88,9	11,1
	5 ans 8 mois	0,4	0,1	0,5	80,0	20,0
	6 ans	0,6	0,2	0,8	75,0	25,0
	6 ans 4 mois	0,4	0,4	0,8	50,0	50,0

(1) Il s'agit en fait d'un essai systématique déjà décrit à la page 307 et dans lequel on étudie l'évolution naturelle des dégâts de pourridiés en fonction de diverses méthodes culturales (modes d'ouverture et précédents culturaux).

Tableau XLVII. *(suite)*

Objet	Age des hévéas	Indice de pathogénéité			Proportion (%) des cas	
		Fomes	*Armillaria*	Total	*Fomes*	*Armillaria*
10 ans de défrichement Couverture manioc (D)	4 ans	3,4	0,2	3,6	94,4	5,6
	4 ans 4 mois	0,8	0,1	0,9	88,9	11,1
	4 ans 8 mois	1,1	0,5	1,6	68,8	31,2
	5 ans	0,7	0,4	1,1	63,6	36,4
	5 ans 4 mois	0,8	0,3	1,1	72,7	27,3
	5 ans 8 mois	0,7	0,6	1,3	53,8	46,2
	6 ans	0,4	1,1	1,5	26,7	73,3
	6 ans 4 mois	0,2	1,1	1,3	15,4	84,6

— Dans tous les objets repris au tableau XLVII, on peut noter que la proportion des cas imputables à *Armillaria* tend à s'accroître, de manière plus ou moins nette, au cours des années.

— L'accroissement du taux relatif d'incidence de l'armillaire au cours du temps est extrêmement marqué dans les objets C et D, objets dans lesquels l'infection due aux pourridiés est très réduite (graph. 22) du fait de l'âge important qu'avait le défrichement au moment de l'établissement des hévéas [1].

Ces observations pourraient s'expliquer sur la base d'une hypothèse qui reste à vérifier et suivant laquelle la progression d'*Armillaria mellea* sur un hévéa parasité serait beaucoup plus lente que la progression de *Fomes lignosus*. Dans cette éventualité, les observations réalisées au cours des premières années de plantation mettraient en évidence une proportion nettement plus grande de cas de *Fomes*.

Avec les années et avec l'accroissement en diamètre des cuvettes de dégagement destinées à la détection des cas de pourridiés, la proportion des cas d'armillaire deviendrait plus importante.

Il semble, en tout cas, qu'avec l'avancement en âge du défrichement, le taux d'incidence de l'*Armillaria* s'accroît endéans les quelques années qui suivent la mise en observation, cependant que le taux d'incidence intéressant le *Fomes* tend à se réduire dans le même temps.

2. - *EN PARCELLES TRAITEES.*

Dans plusieurs champs en traitement, on a fait systématiquement la distinction entre les cas de *Fomes* et d'*Armillaria* dans le double but d'étudier l'incidence relative de l'un et l'autre parasites dans les populations d'hévéas

(1) Rappelons pour mémoire que les objets C et D furent établis après 10 ans de défrichement et qu'ils succédaient à une culture de palmiers *Elaeis* prématurément abandonnée.

en traitement et de déterminer si le traitement appliqué s'avérait aussi efficace sur les deux pourridiés.

Nous avons reproduit dans le tableau XLVIII les résultats d'observations, exprimés en indices de pathogénéité attribuables à chacun des deux parasites en cause, dans trois champs différents.

Tableau XLVIII. – Expression des indices de pathogénéité intéressant le *Fomes* et l'*Armillaria* dans 3 champs en traitement

Champ	Age	Indice de pathogénéité			Proportion (%) des cas	
		Fomes	*Armillaria*	Total	*Fomes*	*Armillaria*
S.47	3 ans 6 mois	5,3	1,7	7,0	75,7	24,3
	3 ans 10 mois	7,0	2,5	9,5	73,7	26,3
	4 ans 2 mois	2,1	1,5	3,6	58,3	41,7
	4 ans 6 mois	2,2	1,5	3,7	59,5	40,5
	4 ans 10 mois	1,8	1,9	3,7	48,6	51,4
	5 ans 2 mois	2,6	1,7	4,3	60,5	39,5
	5 ans 6 mois	2,5	1,7	4,2	59,5	40,5
E.C.43	7 ans 6 mois	14,4	9,1	23,5	61,3	38,7
	8 ans	12,9	15,5	28,4	45,4	54,6
	8 ans 4 mois	2,6	8,3	10,9	23,9	76,1
	8 ans 6 mois	1,3	6,6	7,9	16,5	83,5
C.E.7	7 ans 4 mois	9,4	6,3	15,7	59,9	40,1
	7 ans 10 mois	11,2	6,5	17,7	63,3	36,7
	8 ans 4 mois	14,9	6,9	21,8	68,3	31,7
	8 ans 10 mois	14,0	9,0	23,0	60,9	39,1
	9 ans 4 mois	5,1	7,2	12,3	41,5	58,5
	9 ans 10 mois	1,7	5,9	7,6	22,4	77,6
	10 ans 4 mois	1,6	5,2	6,8	23,5	76,5
	10 ans 10 mois	2,0	4,8	6,8	29,4	70,6

L'examen des données de ce tableau montre que l'indice de pathogénéité du *Fomes* accuse une décroissance très sensible au cours du temps, quel que soit l'âge de la mise en observation du champ. Les valeurs de l'indice calculées pour l'armillaire restent au contraire assez constantes pendant les mêmes périodes de temps. Ces observations prennent un sens beaucoup plus imagé quand on examine les proportions relatives des cas où l'incidence de chaque parasite est exprimée en pour cent de l'incidence totale « *Fomes* + *Armillaria* ». On remarquera que, pour les trois essais considérés, il se

marque au début une prédominance assez nette des cas de *Fomes*, prédominance qui va s'atténuer avec le temps et même s'inverser, dans deux champs du moins, au profit de l'armillaire.

En effet, dans les champs désignés par les indicatifs E.C.43 et C.E.7, où les proportions respectives de *Fomes* et d'*Armillaria* étaient initialement de 61,3 - 38,7 % et 59,9 - 40,1 %, ces proportions deviennent 16,5 - 83,5 % et 29,4 - 70,6 % en fin d'observation.

Le champ S.47, où cette nette inversion d'incidence relative ne se produit pas, est la plus jeune des trois plantations considérées; il faut cependant noter à son sujet que l'accroissement progressif de la proportion des cas d'armillaire laisse augurer à brève échéance la nette prédominance relative de ce dernier parasite comme ce fut le cas dans les champs précités.

Ainsi, il ressort de ces premières données que l'infection due au *Fomes* régresse avec le temps (diminution de l'indice de pathogénéité et de la proportion des cas), tandis que l'infection due à *Armillaria mellea* reste pratiquement constante (maintien d'un indice P assez constant et accroissement de la proportion des cas en relation avec la diminution de l'indice de pathogénéité *Fomes*).

Un doute pouvait encore subsister quant à la valeur réelle des proportions d'incidence de chacun des parasites, telles qu'elles sont calculées au tableau XLVIII, étant donné que, dans les essais considérés, l'indice de pathogénéité intéressant l'armillaire fut chaque fois établi à partir de tous les cas de pourridiés où ce parasite était présent. En d'autres termes, l'indice de pathogénéité d'armillaire fut établi lors de chaque ronde sur la base des cas purs d'armillaire et des cas combinés « *Armillaria* + *Fomes* » (1). Nous avons donc pensé qu'il était utile de vérifier la valeur de nos précédentes déductions, basées sur l'étude des indices de pathogénéité, en opérant une analyse qui considérait séparément les cas purs d'armillaire et de *Fomes* d'une part et les cas combinés « *Armillaria* + *Fomes* » d'autre part.

Nous avons condensé dans le tableau XLIX les données intéressant les trois cas précités, considérés séparément, avec l'expression de leur incidence relative, calculée cette fois en fonction du total des cas d'infection observés et non plus en fonction des indices de pathogénéité.

Nous avons réalisé cette étude analytique, d'une part sur les parcelles témoins et les parcelles traitées du champ S.47 afin d'autoriser des comparaisons qui permettraient de déduire l'efficacité relative du traitement sur chacun des deux parasites en cause, et d'autre part sur le champ C.E.7 en traitement dans le but de vérifier à nouveau la tendance de l'armillaire à prendre une importance relative de plus en plus grande avec le temps.

L'examen des données du tableau XLIX permet d'abord de confirmer entièrement la validité des déductions précédemment tirées de l'étude des indices de pathogénéité, à savoir la nette régression marquée dans le temps

(1) On se souviendra que nous avons défini précédemment ces cas combinés comme étant figurés par la présence simultanée des deux parasites sur le système radiculaire d'un même sujet.

Tableau XLIX. – Etude analytique des taux d'arbres « infectés + morts » imputables au *Fomes*, à l'*Armillaria* et à des cas combinés

Champ	Age	Cas d'infection et de mortalité						
		Total	*Fomes*		*Armillaria*		*Fomes et Armillaria*	
			Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
S.47 (témoin)	3 ans 6 mois	103	66	64,1	23	22,3	14	13,6
	3 ans 10 mois	109	58	53,2	31	28,4	20	18,3
	4 ans 2 mois	98	46	46,9	32	32,7	20	20,4
	4 ans 6 mois	84	45	53,6	32	38,1	7	8,3
	4 ans 10 mois	82	42	51,2	30	36,6	10	12,2
	5 ans 2 mois	74	46	62,2	21	28,4	7	9,5
	5 ans 6 mois	84	53	63,1	26	31,0	5	6,0
S.47 (traité)	3 ans 6 mois	106	79	74,5	23	21,7	4	3,8
	3 ans 10 mois	103	75	72,8	18	17,5	10	9,7
	4 ans 2 mois	53	31	58,5	17	32,1	5	9,4
	4 ans 6 mois	52	30	57,7	16	30,8	6	11,5
	4 ans 10 mois	56	25	44,6	25	44,6	6	10,7
	5 ans 2 mois	64	38	59,4	23	35,9	3	4,7
	5 ans 6 mois	62	36	58,1	24	38,7	2	3,2
C.E.7 (traité)	8 ans 10 mois	555	325	58,6	208	37,5	22	4,0
	9 ans 4 mois	285	113	39,6	164	57,5	8	2,8
	9 ans 10 mois	179	40	22,3	137	76,5	2	1,1
	10 ans 4 mois	148	34	23,0	108	73,0	6	4,1
	10 ans 10 mois	150	38	25,3	110	73,3	2	1,3

par la proportion des cas de *Fomes* et l'accroissement important de la proportion des cas d'*Armillaria*, cet accroissement étant d'autant plus nettement marqué que les champs sont plus âgés.

Le fait que nous disposons dans ce tableau de données plus concrètes — ce sont en effet des nombres de cas observés et non plus des indices — intéressant à la fois des parcelles traitées et des parcelles témoins nous permet de souligner quelques observations dignes d'intérêt :

1) Dans le champ témoin, on note pour les cas de *Fomes* un taux relatif d'infection assez constant; de 64,1 % à 3 ½ ans, on arrive à 63,1 % à 5 ½ ans après quelques fluctuations induites évidemment par des causes naturelles. Il y a, par contre, pendant la même période, une tendance à l'accroissement du taux relatif d'infection par l'armillaire et une diminution de la proportion des cas combinés qui passe de 13,6 à 6,0 %.

2) Dans les parcelles en traitement du même champ S.47, on note une décroissance très nette du taux relatif d'infection par le *Fomes*. Enfin, pour l'armillaire, il y a au contraire un accroissement sensible du taux relatif d'infection avec le temps. En fait, cette évolution des taux relatifs d'infection découle de deux circonstances : d'une part, la diminution très nette des cas de *Fomes* entre 3 ½ et 5 ½ ans, et d'autre part le maintien pendant la même période d'un nombre de cas d'armillaire qui ne marque que des diminutions passagères.

3) Les données intéressant le champ C.E.7 en traitement confirment nettement l'importance plus grande que prend la proportion des cas d'armillaire avec l'accroissement en âge des plantations. De même, ces données font apparaître de manière frappante la diminution des cas de *Fomes*, lesquels se réduisent ici de 325 à 38 en moins de 2 ans tandis que, dans le même laps de temps, les cas d'armillaire se sont réduits à peine de moitié, passant de 208 à 110 cas.

Le fait que les cas de *Fomes* se réduisent nettement avec le temps dans les parcelles traitées amène à penser que le traitement appliqué révèle de cette façon son efficacité. On serait tenté de même d'attribuer au traitement une efficacité nettement moindre sur les cas d'*Armillaria* eu égard au fait que ceux-ci ne se réduisent pas dans les proportions observées pour les cas de *Fomes*.

Ces conclusions ne peuvent être déduites des observations condensées dans les tableaux précédents. En effet, le fait que le taux d'infection *Fomes* décroît rapidement avec le temps peut être imputable non seulement à l'action du traitement appliqué aux hévéas, mais peut-être également à une forte mortalité qui affecterait les cas de *Fomes*. Dans cette dernière éventualité, il y aurait disparition à chaque ronde d'une certaine quantité d'arbres précédemment reconnus malades, ce qui fait diminuer la valeur de l'indice de

pathogénéité des rondes ultérieures pour autant que de nouveaux cas d'attaque ne viennent pas compenser les disparitions.

Tableau L. – Taux de mortalité cumulée attribuables à chacun des deux pourridiés

Champ	Age	Taux de mortalité			Taux relatif de mortalité	
		Fomes	*Armillaria*	Total	*Fomes*	*Armillaria*
S.47 (témoin)	3 ans 6 mois	0,9	0,3	1,2	75,0	25,0
	3 ans 10 mois	2,1	0,8	2,9	72,4	27,6
	4 ans 2 mois	3,0	1,3	4,3	69,8	30,2
	4 ans 6 mois	3,7	1,7	5,4	68,5	31,5
	4 ans 10 mois	4,5	2,0	6,5	69,2	30,8
	5 ans 2 mois	6,0	2,1	8,1	74,1	25,9
	Taux annuel moyen de mortalité	3,0	1,1	4,1		
S.47 (traité)	3 ans 6 mois	0,5	0,1	0,6	83,3	16,7
	3 ans 10 mois	0,8	0,2	1,0	80,0	20,0
	4 ans 2 mois	1,1	0,2	1,3	84,6	15,4
	4 ans 6 mois	1,1	0,3	1,4	78,6	21,4
	4 ans 10 mois	1,2	0,3	1,5	80,0	20,0
	5 ans 2 mois	1,2	0,3	1,5	80,0	20,0
	Taux annuel moyen de mortalité	0,4	0,1	0,5		
C.E.7 (traité)	7 ans 4 mois	0,9	0,8	1,7	52,9	47,1
	7 ans 10 mois	2,1	1,1	3,2	65,6	34,4
	8 ans 4 mois	2,7	1,4	4,1	65,9	34,1
	8 ans 10 mois	3,1	1,9	5,0	62,0	38,0
	9 ans 4 mois	3,6	2,2	5,8	62,1	37,9
	9 ans 10 mois	3,8	2,5	6,3	60,3	39,7
	10 ans 4 mois	3,9	3,1	7,0	55,7	44,3
	10 ans 10 mois	4,3	3,3	7,6	56,6	43,4
	Taux annuel moyen de mortalité	1,0	0,7	1,7		

Ainsi, les données du tableau XLIX, qui totalisent des morts et des malades, ne permettent pas de faire la distinction entre les deux groupes, quant à l'importance relative prise par les uns ou par les autres. Ceci nous amène à rappeler la remarque déjà soulignée précédemment, suivant laquelle la seule expression rigoureuse de la gravité de l'infection due aux pourridiés est le taux de mortalité qui affecte les parcelles à l'étude.

C'est pourquoi nous avons établi, ronde par ronde, pour les diverses parcelles reprises au tableau XLIX, les valeurs du taux de mortalité cumulée affectant les cas induits par chacun des deux parasites. On doit pouvoir déterminer de cette manière si la diminution observée des cas de *Fomes* est due en ordre principal à l'action du traitement standard ou au contraire à l'action combinée de ce traitement et d'une mortalité élevée affectant les arbres malades de *Fomes*. Le tableau L reprend les données calculées du taux de mortalité cumulée affectant, au cours du temps, les cas d'attaque imputables à l'un ou à l'autre parasite.

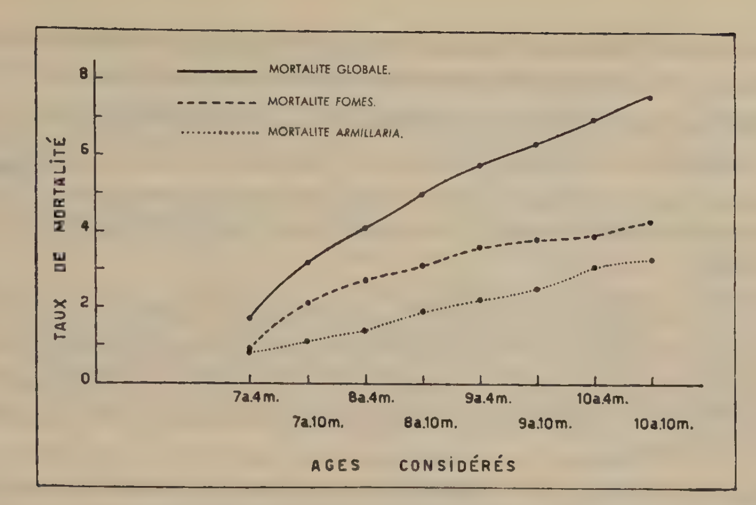
Sur la foi des données calculées pour le champ S.47, où l'on envisage les taux de mortalité affectant les parcelles traitées et les parcelles témoins, on peut conclure que le traitement standard a été efficace sur les deux parasites puisqu'il y a réduction très nette du taux de mortalité dans les parcelles en traitement. Les taux annuels moyens de mortalité, qui sont au départ de 3,0 et 1,1 respectivement pour le *Fomes* et l'*Armillaria* en parcelles témoins, ne sont plus que de 0,4 et 0,1 en parcelles traitées.

Il apparaît aussi que le parasitisme de *Fomes lignosus* est plus néfaste pour l'hévéa que celui d'*Armillaria mellea,* surtout dans le jeune âge. On notera en effet que le *Fomes* s'attribue un taux de mortalité toujours supérieur à celui de l'*Armillaria,* même dans les cas où la proportion d'arbres malades du fait de ce dernier parasite est nettement plus élevée.

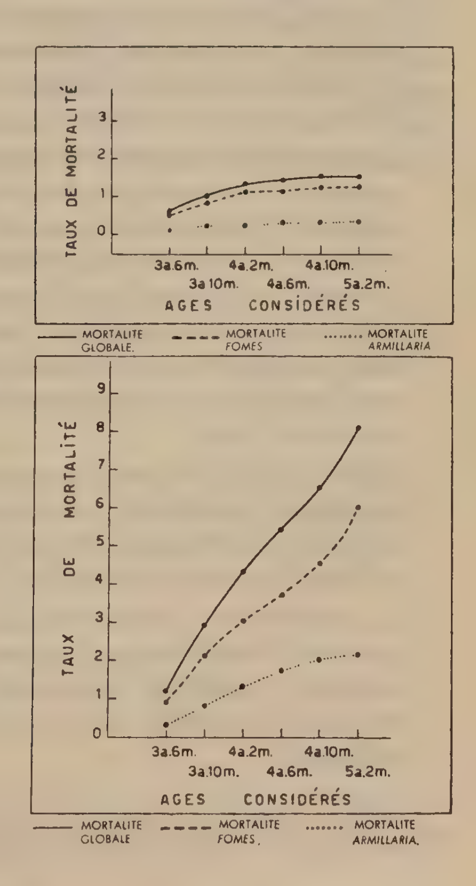
Au champ C.E.7 par exemple, la mortalité relevée à 10 ans 10 mois est de 4,3 % pour le *Fomes* et de 3,3 % pour l'armillaire, alors que ces parasites intervenaient dans les proportions respectives de 29,4 et 70,6 % (tableau XLVIII).

Il faut cependant noter que les écarts relevés entre les taux annuels de mortalité, pour les deux parasites, sont plus accusés dans le cas des plantations jeunes. Dans une plantation plus âgée, comme le champ C.E.7, où les traitements devaient d'ailleurs commencer plus tardivement que dans le champ S.47, on note un écart moins important entre les taux de mortalité imputables aux deux pourridiés.

Dans les graphiques 25, 26 et 27, nous avons tracé, pour chacun des trois champs considérés, les courbes d'évolution de la mortalité totale et de la mortalité imputable à chacun des deux pourridiés considérés isolément. L'examen des graphiques 26 et 27, qui intéressent respectivement les parcelles traitées et les parcelles témoins du même essai S.47, est particulièrement



Graphique 25. — Courbes d'évolution de la mortalité imputable aux deux parasites dans des parcelles traitées.



Graphique 26. — Courbes d'évolution de la mortalité imputable aux deux parasites en parcelles traitées.

Graphique 27. — Courbes d'évolution de la mortalité imputable aux deux parasites en parcelles témoins.

démonstratif de l'efficacité du traitement sur les deux pourridiés et aussi de l'importance plus grande prise par la mortalité due au *Fomes*.

Nous pouvons maintenant résumer les faits essentiels qui sont acquis :

— En conditions naturelles, l'infection due au *Fomes* se maintient assez constante dans le temps. Il en est de même pour l'armillaire, qui ne marque qu'une légère tendance à accroître son intervention relative au cours des années.

— Dans les parcelles en traitement, on note une régression très nette des cas de *Fomes* avec le temps. Cette régression est provoquée principalement par l'action efficace du traitement et en ordre secondaire par le taux de mortalité relativement élevé qui accompagne les cas d'attaque par *Fomes lignosus*.

On a pu constater que la diminution affectant le nombre de cas de *Fomes* était surtout importante après les premiers traitements (1). C'est à ce moment d'ailleurs que l'on enregistre également la plus forte mortalité relative. Les arbres guéris par le traitement et les individus morts de maladie amènent une diminution importante du taux d'infection *Fomes*. Ce taux d'infection ne regagne jamais plus les valeurs initialement reconnues, à la fois sous l'influence des méthodes efficaces de détection et de lutte, et aussi probablement par un épuisement progressif des foyers d'infection avec les années.

— L'accroissement important, marqué au cours du temps par la proportion qui revient à l'armillaire dans le total des cas de pourridiés, est dû à la régression importante des cas de *Fomes* d'une part et au maintien d'un potentiel d'infection plus constant par l'armillaire d'autre part.

En fait, on a constaté que le traitement était efficace sur l'armillaire en réduisant le taux de mortalité imputable à ce parasite. On constate également une réduction du nombre de cas d'armillaire sous l'effet du traitement, mais dans une proportion beaucoup moindre que celle qui affectait les cas de *Fomes*.

Il faut en voir la raison notamment dans le fait que les foyers d'infection propageant l'armillaire resteraient plus longtemps actifs, ce qui autoriserait plus fréquemment que pour le *Fomes* des cas de réinfection dans les périodes de temps qui séparent les inspections sanitaires.

— Le parasitisme du *Fomes lignosus* semble plus dommageable aux hévéas que celui d'*Armillaria mellea*, surtout dans les jeunes plantations. L'étude des taux de mortalité et surtout l'examen des courbes d'évolution de la mortalité attribuable à chacun des deux champignons le montrent à suffisance.

---

(1) C'est en effet au cours des premières rondes sanitaires que se détectent et se traitent tous les cas les plus graves. Avec le maintien du contrôle sanitaire, les soins apportés aux individus dès l'apparition des premiers symptômes permettent de réduire le nombre de cas graves et par conséquent la mortalité.

Cette constatation ne peut manquer de surprendre quelque peu lorsqu'on se souvient des dégâts spectaculaires que peut occasionner ce dernier parasite sur l'hévéa. Il faut, par contre, signaler que l'hévéa réagit, semble-t-il, souvent avec vigueur et succès contre les attaques de l'armillaire.

— Les diverses observations portant sur le taux de mortalité plus faible attribuable à l'*Armillaria* et le degré de parasitisme moins accusé de ce champignon par rapport au *Fomes* seront à confirmer ultérieurement pour des plantations d'hévéas âgées de plus de 10 ans. Nous avons en effet l'impression de plus en plus nette que l'*Armillaria mellea* risque de jouer dans des plantations d'hévéas du Congo belge le rôle que l'on attribuait au *Ganoderma pseudoferreum* en Malaisie et en Indonésie, c'est-à-dire que l'armillaire représenterait à un moment donné, à un âge assez avancé du défrichement, le seul ennemi dangereux qui resterait en présente de l'hévéa, alors que les cas d'infection par *Fomes lignosus* ne sont encore présents que dans une proportion négligeable.
Bien entendu, cette conception s'applique surtout à des plantations où les méthodes de lutte furent négligées ou appliquées tardivement. En effet, comme nous eûmes l'occasion de le démontrer précédemment, l'application d'une méthode de lutte intervenant dès le jeune âge et suivant un rythme régulier, arrive à réduire nettement l'incidence des deux types de pourridiés, au point que des plantations âgées de 10 à 12 ans ne justifient généralement plus l'intervention d'une lutte systématique contre les pourridiés.

CHAPITRE IV

ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DES ARBRES SAINS ET ATTAQUÉS EN PARCELLES TRAITÉES ET TÉMOINS

§ 1. - ÉVOLUTION DES CAS DE CONTAMINATION ET D'INFECTION EN PARCELLES TÉMOINS ET TRAITÉES

1. - *EN PARCELLES TEMOINS.*

L'incidence des pourridiés en divers milieux non traités a été étudiée précédemment en prenant notamment, comme base de comparaison, les courbes d'existences et les courbes de mortalités intéressant les populations observées.

Cette méthode d'expression de la gravité du mal affectant diverses populations d'hévéas donne une image synthétique de la gravité de l'infection et permet déjà, par comparaison avec des parcelles subissant un traitement donné, de déduire la notion d'efficacité du traitement appliqué.

Il est par contre du plus haut intérêt de disposer de données analytiques, exprimant l'évolution dans le temps de certaines fractions de la population affectées des mêmes symptômes diagnostiqués à un moment donné, afin de déterminer, par l'examen comparé de divers groupes de cas considérés isolément, la gravité relative des degrés d'infection en tenant compte et du faciès de la maladie et de sa localisation sur le système radiculaire.

L'évolution de certains états sanitaires, observés en particulier, permettra enfin, comme nous le verrons ultérieurement, de mieux préciser l'efficacité du traitement, puisque celui-ci doit se marquer, non seulement par une réduction du taux annuel moyen de mortalité, mais aussi par une diminution du nombre de malades, ou encore par une évolution de certains cas graves en cas bénins.

Nous envisagerons maintenant l'étude de quelques groupes d'individus malades et l'évolution dans le temps de la gravité des différents symptômes reconnus au départ : pivot infecté (tableau LI), racines infectées (tableau LII), pivot contaminé (tableau LIII), racines contaminées (tableau LIV).

Pour l'étude de l'évolution des différents cas précités, nous avons pris successivement dans 6 champs témoins différents les groupes de sujets qui

Tableau LI. — Résultats d'observations portant sur l'évolution de groupes d'arbres « infectés au pivot », dans diverses parcelles témoins

Champ	Age	Etat sanitaire observé (1)													
		X		Θ		+		O		—		F		▱F	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	—	—	24	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	3	12,5	12	50,0	—	—	1	4,2	—	—	7	29,2	1	4,2
	5 ans 6 mois	2	8,3	12	50,0	—	—	1	4,2	—	—	1	4,2	8	33,3
	6 ans 2 mois	3	12,5	5	20,8	—	—	1	4,2	—	—	3	12,5	12	50,0
	7 ans 2 mois	—	—	4	16,7	—	—	—	—	—	—	3	12,5	17	70,8
Sem. 45	4 ans	—	—	10	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	1	10,0	1	10,0	—	—	1	10,0	—	—	7	70,0	—	—
	6 ans	1	10,0	—	—	—	—	1	10,0	—	—	3	30,0	5	50,0
	7 ans	—	—	—	—	—	—	1	10,0	1	10,0	1	10,0	7	70,0
S.47	2 ans 3 mois	—	—	56	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	7	12,5	46	82,1	—	—	—	—	—	—	3	5,3	—	—
	3 ans	9	16,1	41	73,2	—	—	1	1,8	—	—	4	7,1	1	1,8
	3 ans 4 mois	14	25,0	28	50,0	1	1,8	5	8,9	1	1,8	5	8,9	2	3,6
	3 ans 8 mois	17	30,4	21	37,5	3	5,4	4	7,1	2	3,6	6	10,7	3	5,3
	4 ans	21	37,5	12	21,4	—	—	9	16,1	1	1,8	9	16,1	4	7,1

S.41	4 ans	—	—	23	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	1	4,3	10	43,5	4	17,4	—	—	—	—	7	30,4	1	4,3
	5 ans 8 mois	1	4,3	5	21,7	5	21,7	—	—	—	—	4	17,4	8	34,8
	6 ans 6 mois	2	8,7	5	21,7	4	17,4	—	—	—	—	2	8,7	10	43,5
	7 ans 6 mois	2	8,7	3	13,0	3	13,0	—	—	—	—	4	17,4	11	47,8
	8 ans 6 mois	2	8,7	3	13,0	3	13,0	—	—	—	—	2	8,7	13	56,5
	9 ans 6 mois	3	13,0	2	8,7	3	13,0	—	—	—	—	—	—	15	65,2
S.42	2 ans 10 mois	—	—	8	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	—	—	1	12,5	1	12,5	—	—	—	—	1	12,5	5	62,5
	4 ans 10 mois	1	12,5	—	—	1	12,5	—	—	—	—	—	—	6	75,0
	5 ans 10 mois	—	—	1	12,5	—	—	—	—	1	12,5	—	—	6	75,0
	6 ans 10 mois	1	12,5	1	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	6	75,0
	7 ans 10 mois	1	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	87,5

(1) Les états sanitaires observés sont représentés par des symbôles dont nous rappelons la signification :

X = sain
⊖ = pivot infecté
+ = racine infectée
O = pivot contaminé
— = racine contaminée
F = cas incurable
[F] = mort des suites d'infection par pourridiés.

Tableau LII. – Résultats d'observations portant sur l'évolution de groupes d'arbres dont les racines sont « infectées »

Champ	Age	Etat sanitaire observé													
		X		Θ		+		O		–		F		/F/	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	—	—	—	—	34	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	5	14,7	8	23,5	3	8,8	2	5,9	—	—	15	44,1	1	2,9
	5 ans 6 mois	8	23,5	4	11,8	3	8,8	1	2,9	—	—	8	23,5	10	29,4
	6 ans 2 mois	7	20,6	1	2,8	3	8,8	—	—	2	5,9	5	14,7	16	47,0
	7 ans 2 mois	7	20,6	5	14,7	—	—	—	—	—	—	2	5,9	20	58,8
Sem. 45	4 ans	—	—	—	—	12	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	1	8,3	2	16,7	1	8,3	—	—	—	—	8	66,7	—	—
	6 ans	2	16,7	1	8,3	—	—	—	—	—	—	3	25,0	6	50,0
	7 ans	3	25,0	—	—	—	—	—	—	—	—	2	16,7	7	58,3
S.47	2 ans 3 mois	—	—	—	—	20	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	9	45,0	—	—	7	35,0	2	10,0	—	—	2	10,0	—	—
	3 ans	11	55,0	1	5,0	3	15,0	2	10,0	1	5,0	1	5,0	1	5,0
	3 ans 4 mois	10	50,0	1	5,0	3	15,0	1	5,0	1	5,0	2	10,0	2	10,0
	3 ans 8 mois	6	30,0	4	20,0	2	10,0	4	20,0	—	—	2	10,0	2	10,0
	4 ans	6	30,0	3	15,0	2	10,0	3	15,0	—	—	2	10,0	4	20,0

S.41	4 ans	—	—	—	—	94	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	14	14,9	9	9,6	58	61,7	—	—	5	5,3	7	7,4	1	1,1
	5 ans 8 mois	21	22,3	12	12,8	43	45,7	—	—	1	1,1	11	11,7	6	6,4
	6 ans 6 mois	17	18,1	17	18,1	34	36,2	—	—	1	1,1	9	9,6	16	17,0
	7 ans 6 mois	13	13,8	19	20,2	31	33,0	—	—	—	—	11	11,7	20	21,3
	8 ans 6 mois	8	8,5	11	11,7	20	21,3	—	—	2	2,1	23	24,5	30	31,9
	9 ans 6 mois	8	8,5	13	13,8	11	11,7	—	—	—	—	10	10,6	52	55,3
S.42	2 ans 10 mois	—	—	—	—	10	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	2	20,0	—	—	2	20,0	—	—	—	—	2	20,0	4	40,0
	4 ans 10 mois	1	10,0	1	10,0	—	—	1	10,0	—	—	1	10,0	6	60,0
	5 ans 10 mois	1	10,0	1	10,0	—	—	—	—	—	—	1	10,0	7	70,0
	6 ans 10 mois	—	—	—	—	1	10,0	—	—	—	—	1	10,0	8	80,0
	7 ans 10 mois	—	—	1	10,0	—	—	—	—	—	—	—	—	9	90,0
E.F. A1	4 ans	—	—	—	—	16	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	9	56,3	—	—	1	6,3	1	6,3	—	—	—	—	5	31,3
	6 ans	9	56,3	—	—	—	—	2	12,6	—	—	—	—	5	31,3
E.F. A2	4 ans	—	—	—	—	14	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	12	85,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	14,3
	6 ans	9	64,3	—	—	1	7,1	1	7,1	—	—	—	—	3	21,4
E.F. B	4 ans	—	—	—	—	44	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	39	88,6	—	—	—	—	3	6,8	—	—	—	—	2	4,5
	6 ans	32	72,7	1	2,3	2	4,5	7	15,9	—	—	—	—	2	4,5
E.F. C	4 ans	—	—	—	—	25	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	21	84,0	—	—	—	—	3	12,0	—	—	—	—	1	4,0
	6 ans	23	92,0	—	—	1	4,0	—	—	—	—	—	—	1	4,0
E.F. D	4 ans	—	—	—	—	46	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	39	84,8	1	2,2	—	—	5	10,9	—	—	—	—	1	2,2
	6 ans	37	80,4	1	2,2	2	4,3	4	8,7	—	—	—	—	2	4,3

Tableau LIII. – Résultats d'observations portant sur l'évolution de groupes d'arbres « contaminés au pivot »

Champ	Age	Etat sanitaire observé													
		X		Θ		+		O		–		F		/F/	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	—	—	—	—	—	—	85	100,0	—	—	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	7	8,2	15	17,6	10	11,8	31	36,5	3	3,5	19	22,4	—	—
	5 ans 6 mois	17	20,0	13	15,3	6	7,1	26	30,6	—	—	11	12,9	12	14,2
	6 ans 2 mois	16	18,8	15	17,6	2	2,4	13	15,3	5	5,9	11	12,9	23	27,0
	7 ans 2 mois	11	12,9	13	15,3	—	—	14	16,5	1	1,2	6	7,1	40	47,1
Sem. 45	4 ans	—	—	—	—	—	—	49	100,0	—	—	—	—	—	—
	5 ans	11	22,4	11	22,4	6	12,2	7	14,3	—	—	14	28,6	—	—
	6 ans	3	6,1	16	32,7	5	10,2	2	4,1	1	2,0	10	20,4	12	24,5
	7 ans	16	32,7	4	8,2	2	4,1	2	4,1	—	—	6	12,2	19	38,8
S.47	2 ans 3 mois	—	—	—	—	—	—	104	100,0	—	—	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	40	38,5	7	6,7	4	3,8	40	38,5	4	3,8	9	8,7	—	—
	3 ans	44	42,3	8	7,7	3	2,9	28	26,9	6	5,8	13	12,5	2	1,9
	3 ans 4 mois	46	44,2	11	10,6	1	1,0	26	25,0	4	3,8	12	11,5	4	3,8
	3 ans 8 mois	42	40,4	10	9,6	—	—	35	33,6	1	1,0	7	6,7	9	8,6
	4 ans	35	33,7	5	4,8	6	5,8	34	32,7	5	4,8	9	8,6	10	9,6

S.41	4 ans	—	—	—	—	—	—	15	100,0	—	—	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	6	40,0	—	—	3	20,0	1	6,7	—	—	5	33,3	—	—
	5 ans 8 mois	5	33,3	1	6,7	3	20,0	—	—	—	—	4	26,7	2	13,3
	6 ans 6 mois	3	20,0	1	6,7	1	6,7	2	13,3	2	13,3	3	20,0	3	20,0
	7 ans 6 mois	1	6,7	4	26,7	4	26,7	—	—	—	—	3	20,0	3	20,0
	8 ans 6 mois	1	6,7	3	20,0	2	13,3	—	—	—	—	5	33,3	4	26,7
	9 ans 6 mois	1	6,7	3	20,0	2	13,3	—	—	—	—	3	20,0	6	40,0
S.42	2 ans 10 mois	—	—	—	—	—	—	31	100,0	—	—	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	11	35,5	4	12,9	3	9,7	3	9,7	3	9,7	2	6,4	5	16,1
	4 ans 10 mois	12	38,7	6	19,4	4	12,9	1	3,2	1	3,2	—	—	7	22,6
	5 ans 10 mois	9	29,0	2	6,4	5	16,1	—	—	5	16,1	—	—	10	32,3
	6 ans 10 mois	7	22,6	4	12,9	4	12,9	—	—	3	9,7	3	9,7	10	32,3
	7 ans 10 mois	6	19,4	6	19,4	3	9,7	1	3,2	1	3,2	1	3,2	13	41,9
E.F. A1	4 ans	—	—	—	—	—	—	116	100,0	—	—	—	—	—	—
	5 ans	56	48,3	3	2,6	1	0,9	34	29,3	—	—	—	—	22	19,0
	6 ans	33	28,4	4	3,4	3	2,6	44	37,9	—	—	—	—	32	27,6
E.F. A2	4 ans	—	—	—	—	—	—	76	100,0	—	—	—	—	—	—
	5 ans	41	53,9	—	—	2	2,6	18	23,7	—	—	—	—	15	19,7
	6 ans	28	36,9	1	1,3	3	3,9	23	30,2	—	—	—	—	21	27,6
E.F. B	4 ans	—	—	—	—	—	—	134	100,0	—	—	—	—	—	—
	5 ans	75	56,0	4	3,0	3	2,3	35	26,2	—	—	—	—	17	12,7
	6 ans	69	51,5	2	1,5	1	0,7	39	29,1	—	—	—	—	23	17,2
E.F. C	4 ans	—	—	—	—	—	—	71	100,0	—	—	—	—	—	—
	5 ans	43	60,6	1	1,4	—	—	26	36,6	—	—	—	—	1	1,4
	6 ans	51	71,8	—	—	—	—	16	22,5	—	—	—	—	4	5,6
E.F. D	4 ans	—	—	—	—	—	—	93	100,0	—	—	—	—	—	—
	5 ans	54	58,1	—	—	—	—	35	37,6	—	—	—	—	4	4,3
	6 ans	53	57,0	—	—	—	—	35	37,6	—	—	—	—	5	5,4

Tableau LIV. – Résultats d'observations portant sur l'évolution de groupes d'arbres dont les racines sont « contaminées »

Champ	Age	Etat sanitaire observé													
		X		Θ		+		O		–		F		⧄F	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	—	—	—	—	—	—	—	—	25	100,0	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	9	36,0	1	4,0	4	16,0	5	20,0	1	4,0	5	20,0	—	—
	5 ans 6 mois	10	40,0	3	12,0	2	8,0	4	16,0	1	4,0	3	12,0	2	8,0
	6 ans 2 mois	8	32,0	3	12,0	4	16,0	3	12,0	—	—	2	8,0	5	20,0
	7 ans 2 mois	6	24,0	3	12,0	2	8,0	4	16,0	—	—	1	4,0	9	36,0
Sem. 45	4 ans	—	—	—	—	—	—	—	—	11	100,0	—	—	—	—
	5 ans	3	27,3	1	9,1	2	18,2	2	18,2	1	9,1	2	18,2	—	—
	6 ans	3	27,3	1	9,1	—	—	2	18,2	—	—	4	36,4	1	9,1
	7 ans	2	18,2	3	27,3	—	—	1	9,1	—	—	1	9,1	4	36,4
S. 47	2 ans 3 mois	—	—	—	—	—	—	—	—	17	100,0	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	8	47,0	—	—	—	—	7	41,2	2	11,8	—	—	—	—
	3 ans	10	58,8	2	11,8	1	5,9	1	5,9	2	11,8	1	5,9	—	—
	3 ans 4 mois	8	47,0	2	11,8	—	—	4	23,5	1	5,9	2	11,8	—	—
	3 ans 8 mois	4	23,5	1	5,9	1	5,9	5	29,4	3	17,6	1	5,9	2	11,8
	4 ans	4	23,5	1	5,9	2	11,8	5	29,4	2	11,8	1	5,9	2	11,8
S. 41	4 ans	—	—	—	—	—	—	—	—	36	100,0	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	21	58,3	2	5,6	7	19,4	1	2,8	3	8,3	2	5,6	—	—
	5 ans 8 mois	17	47,2	1	2,8	10	27,8	—	—	2	5,6	5	13,9	1	2,8
	6 ans 6 mois	16	44,4	1	2,8	10	27,8	1	2,8	1	2,8	3	8,3	4	11,1
	7 ans 6 mois	13	36,1	3	8,3	12	33,3	—	—	1	2,8	2	5,6	5	13,9
	8 ans 6 mois	12	33,3	3	8,3	7	19,4	1	2,8	1	2,8	5	13,9	7	19,4
	9 ans 6 mois	14	38,9	4	11,1	5	13,9	—	—	—	—	2	5,6	11	30,5
S. 42	2 ans 10 mois	—	—	—	—	—	—	—	—	22	100,0	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	5	22,7	—	—	4	18,2	1	4,5	5	22,7	4	18,2	3	13,6
	4 ans 10 mois	9	40,9	—	—	3	13,6	1	4,5	—	—	1	4,5	8	36,4
	5 ans 10 mois	7	31,8	2	9,1	4	18,2	—	—	—	—	—	—	9	40,9
	6 ans 10 mois	9	40,9	—	—	2	9,1	1	4,5	—	—	1	4,5	9	40,9
	7 ans 10 mois	3	13,6	—	—	7	31,8	—	—	2	9,1	—	—	10	45,5

répondaient aux symptômes ci-dessus énumérés et ce, dès la première ronde sanitaire.

Il faut se garder, lors de l'examen des tableaux LI à LIV, de vouloir comparer entre elles les données d'évolution des cas dans les divers champs considérés, sauf en ce qui concerne le champ E.F. (objets A1, A2, B, C, D) repris aux tableaux LII et LIII.

Cette comparaison, pas plus que l'élaboration de moyennes, ne peuvent être envisagées pour les diverses raisons suivantes :

1) Les techniques culturales intéressant les diverses parcelles ne sont pas comparables.

2) La mise en observation s'est réalisée à des âges différents de plantation, donc dans des conditions d'infection qui peuvent être dissemblables et sur des sujets d'un degré de susceptibilité peut-être différents.

   On conçoit en effet que des cas « pivot infecté » observés à 2 ans d'âge dans le champ S.47 sont d'origine relativement récente. Par contre, ces mêmes symptômes observés dans une plantation de 4 à 5 ans d'âge peuvent être d'origine plus éloignée, donc présenter un degré de gravité plus grand.

3) Le symptôme « pivot infecté » est pris au sens large lors de la réalisation des observations.

   Il existe en effet diverses subdivisions possibles de ce faciès, suivant l'étendue de la lésion affectant le pivot.

4) La technique du dégagement, consistant à mettre à nu une portion relativement réduite du système radiculaire, laisse vraisemblablement subsister des cas plus complexes, que l'examen normalement réalisé ne permet pas de déceler.

5) Le nombre d'individus affectés des symptômes considérés est parfois trop réduit pour permettre une interprétation valable de l'évolution constatée.

Pour ces diverses raisons, il faudra considérer les données fournies comme de simples indications sur l'évolution que peuvent suivre certains cas d'infection ou de contamination en divers milieux.

Les données figurant dans les tableaux LI à LIV, par comparaison avec l'évolution observée des mêmes états sanitaires en parcelles traitées, nous serviront notamment à définir l'efficacité du traitement appliqué.

Il convient toutefois de souligner, dès à présent, un point extrêmement important qui ressort des données intéressant le champ E. F. (objets A1, A2, B, C, D) qui est étudié aux tableaux LII et LIII, respectivement pour l'évolution des racines infectées et des pivots contaminés [1].

Dans cet essai, déjà étudié précédemment sous l'angle de l'incidence des pourridiés en relation avec diverses méthodes culturales (p. 308), nous

(1) On s'est limité aux seuls cas dont la représentation était suffisante pour autoriser des comparaisons valables.

pouvons observer que l'évolution des cas envisagés vers la mortalité se traduit, entre 4 et 6 ans d'âge, par des taux extrêmement différents selon l'objet considéré.

C'est ainsi que les cas d'infection des racines évoluent en mortalité à raison de 31,3 - 21,4 - 4,5 - 4,0 et 4,3 % respectivement dans les objets : non incinéré, inciné́ré, jachère naturelle de près de 4 ans, défrichement âgé de 10 ans avec couverture de légumineuses, défrichement de même âge avec couverture de manioc.

En ce qui concerne les cas de contamination du pivot, les taux de mortalité observés pour les divers objets, repris dans le même ordre, sont respectivement de : 27,6 - 27,6 - 17,2 - 5,6 et 5,4 %.

Nous pouvons conclure, à partir de ces données, que la pathogénéité des parasites radicicoles est plus accentuée dans les défrichements récents (objets A1, A2).

Ainsi, le temps qui s'écoule après un abattage contribue non seulement à réduire progressivement le nombre et l'importance des foyers d'infection, mais encore à atténuer, semble-t-il, le degré de virulence des parasites.

2. - *EN PARCELLES TRAITEES.*

Nous avons réalisé une étude semblable à la précédente, mais portant cette fois sur l'évolution des états sanitaires observés en parcelles traitées régulièrement, afin de mettre en évidence, par comparaison entre les deux séries d'observations, l'influence bénéficielle du traitement appliqué.

Suivant la même technique décrite antérieurement, nous avons suivi méthodiquement, au cours des rondes sanitaires successives, l'évolution de certains groupes d'individus caractérisés par un état sanitaire déterminé.

On trouvera, dans les tableaux LV à LVIII, les données intéressant l'évolution dans le temps des divers cas d'infection et de contamination : pivot infecté (Θ) - racine infectée (+) - pivot contaminé (O) - racine contaminée (—).

Comme nous l'avons déjà précisé, les comparaisons que l'on voudra établir devront chaque fois porter sur les parcelles traitées et les parcelles témoins de chaque champ considéré isolément. Les comparaisons d'un champ par rapport à un autre sont à exclure, du fait qu'il existe des différences notables dans les techniques culturales appliquées, dans les périodes et la précocité des observations.

D'un premier examen des résultats rapportés dans les tableaux LV à LVIII, nous pouvons retirer, pour les divers champs observés, quelques ordres de grandeur des taux de mortalité, de guérison ou d'aggravation des cas en fonction de la période durant laquelle le traitement fut appliqué. Nous avons rapporté dans le tableau LIX ces ordres de grandeur qui seront à comparer avec ceux qui furent obtenus, pour l'évolution des mêmes aspects de pourridiés, en conditions naturelles.

3. - *EVOLUTION COMPAREE DES ETATS SANITAIRES EN PARCELLES TEMOINS ET TRAITEES.*

On trouvera dans le tableau LIX quelques indications sur l'évolution des états sanitaires repris par les tableaux LI à LIV et LV à LVIII intéressant respectivement les parcelles témoins et les parcelles traitées.

En ce qui concerne l'évolution des états sanitaires observée en parcelles témoins, on peut déduire de l'examen du tableau LIX que l'échelle de gravité que nous avions adoptée pour caractériser les divers états sanitaires observés se justifie par les taux de mortalité enregistrés pour chacun des cas envisagés.

En fait, on peut croire, par l'examen des données intéressant les parcelles témoins dans le tableau précédent, qu'un « pivot contaminé » est à considérer au même titre qu'un « pivot infecté » en ce qui concerne le taux de mortalité en fin d'évolution de ces cas; ainsi, on pourrait se demander pourquoi nous continuons à considérer les cas de contamination comme négligeables dans l'estimation de l'infection d'un champ à un moment donné. Il faut préciser ici que les 50 à 60 % de morts, constatés en fin d'évolution des cas de contamination du pivot, ne sont pas issus d'une mort brutale des hévéas « contaminés », mais bien de cas d'infection qui ont succédé logiquement à ces contaminations. A l'occasion des rondes successives, généralement assez rapprochées (4 mois), tout arbre précédemment «contaminé», qui est trouvé « infecté » au moment de la ronde considérée, est inclus d'office dans l'indice de pathogénéité de la population observée.

Nous considérons en effet, en toute logique, que le cas d'« infection » est plus proche d'une évolution fatale que le cas de « contamination ». C'est pourquoi ce dernier n'est normalement pas pris en considération pour caractériser la gravité de l'infection active.

On pourrait encore se demander, en examinant le tableau LIX, comment des cas de contamination peuvent résulter en un taux de mortalité semblable à celui qui est induit par les cas d'infection et ce, endéans des périodes semblables. A ce sujet, il faut préciser que, dans beaucoup de cas, la présence d'un mycélium épiphytique sur la portion dégagée d'un système radiculaire peut être corrélative de la présence d'une infection située sur les zones non dégagées de ce système radiculaire. Ainsi, comme nous le faisions remarquer précédemmemnt, les cas de « contamination » observés ne sont pas nécessairement purs [1].

Enfin, la comparaison établie au tableau LIX entre les deux séries de données intéressant les parcelles témoins et traitées fait apparaître nettement l'efficacité du traitement qui se marque, non seulement par une impor-

(1) Il serait évidemment possible de s'en rendre compte à l'aide d'un dégagement total, mais ce dernier aboutirait alors à créer une telle perturbation du milieu que l'évolution des divers cas observés ultérieurement serait vraisemblablement faussée.

Tableau LV. – Résultats d'observations portant sur l'évolution de groupes d'arbres « infectés au pivot » dans des parcelles traitées

Champ	Age	Etat sanitaire observé													
		X		Θ		+		O		—		F		⧄F	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	—	—	11	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	2	18,2	7	63,6	—	—	—	—	—	—	—	—	2	18,2
	5 ans 6 mois	2	18,2	7	63,6	—	—	—	—	—	—	—	—	2	18,2
	6 ans 2 mois	3	27,3	6	54,5	—	—	—	—	—	—	—	—	2	18,2
	7 ans 2 mois	2	18,2	6	54,5	—	—	1	9,1	—	—	—	—	2	18,2
Sem. 45	4 ans	—	—	32	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	3	9,4	15	46,9	2	6,2	—	—	—	—	6	18,8	6	18,8
	6 ans	6	18,8	11	34,4	3	9,4	—	—	—	—	4	12,5	8	25,0
	7 ans	6	18,8	8	25,0	3	9,4	—	—	1	3,1	5	15,6	9	28,1
S. 47	2 ans 3 mois	—	—	19	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	—	—	15	78,9	—	—	—	—	—	—	4	21,1	—	—
	3 ans	1	5,3	13	68,4	—	—	—	—	—	—	4	21,1	1	5,3
	3 ans 4 mois	4	21,1	10	52,6	—	—	—	—	—	—	4	21,1	1	5,3
	3 ans 8 mois	3	15,8	10	52,6	1	5,3	—	—	—	—	4	21,1	1	5,3
	4 ans	11	57,9	—	—	2	10,5	—	—	1	5,3	4	21,1	1	5,3

S. 41	4 ans	—	—	16	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	5	31,3	7	43,7	1	6,2	—	—	1	6,2	—	—	2	12,5
	5 ans 8 mois	6	37,5	6	37,5	2	12,5	—	—	—	—	—	—	2	12,5
	6 ans 6 mois	8	50,0	2	12,5	2	12,5	—	—	1	6,2	—	—	3	18,8
	7 ans 6 mois	8	50,0	3	18,8	2	12,5	—	—	—	—	—	—	3	18,8
	8 ans 6 mois	4	25,0	2	12,5	4	25,0	—	—	—	—	—	—	6	37,5
	9 ans 6 mois	5	31,3	1	6,2	4	25,0	—	—	—	—	—	—	6	37,5
S. 42	2 ans 10 mois	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
	4 ans 10 mois	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
	5 ans 10 mois	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—
	6 ans 10 mois	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
	7 ans 10 mois	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
C.E. 9	4 ans	—	—	31	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	14	45,2	6	19,4	—	—	—	—	—	—	6	19,4	5	16,1
	6 ans	15	48,4	4	12,9	—	—	—	—	—	—	6	19,4	6	19,4
	7 ans	7	22,6	7	22,6	3	9,7	—	—	—	—	6	19,4	8	25,8

Tableau LVI. – Résultats d'observations portant sur l'évolution de groupes d'arbres « infectés aux racines » dans des parcelles traitées

Champ	Age	Etat sanitaire observé													
		X		Θ		+		O		—		F		[F]	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	—	—	—	—	90	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	45	50,0	8	8,9	20	22,2	1	1,1	1	1,1	—	—	15	16,7
	5 ans 6 mois	46	51,1	11	12,2	13	14,4	—	—	—	—	—	—	20	22,2
	6 ans 2 mois	41	45,6	9	10,0	13	14,4	—	—	—	—	—	—	27	30,0
	7 ans 2 mois	33	36,7	16	17,8	10	11,1	—	—	—	—	—	—	31	34,4
Sem. 45	4 ans	—	—	—	—	31	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	24	77,4	—	—	3	9,7	—	—	1	3,2	2	6,5	1	3,2
	6 ans	21	67,7	1	3,2	2	6,5	—	—	1	3,2	3	9,7	3	9,7
	7 ans	19	61,3	3	9,7	1	3,2	1	3,2	1	3,2	—	—	6	19,4
S. 47	2 ans 3 mois	—	—	—	—	24	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	18	75,0	1	4,2	3	12,5	1	4,2	—	—	1	4,2	—	—
	3 ans	22	91,7	1	4,2	—	—	—	—	—	—	1	4,2	—	—
	3 ans 4 mois	21	87,5	—	—	1	4,2	—	—	1	4,2	1	4,2	—	—
	3 ans 8 mois	20	83,3	1	4,2	1	4,2	—	—	1	4,2	—	—	1	4,2
	4 ans	19	79,2	—	—	3	12,5	—	—	1	4,2	—	—	1	4,2

S. 41	4 ans	—	—	—	—	66	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	40	60,6	2	3,0	14	21,2	1	1,5	2	3,0	—	—	7	10,6
	5 ans 8 mois	38	57,6	7	10,6	8	12,1	1	1,5	3	4,5	—	—	9	13,6
	6 ans 6 mois	42	63,6	3	4,5	9	13,6	—	—	2	3,0	—	—	10	15,1
	7 ans 6 mois	38	57,6	4	6,1	11	16,7	—	—	1	1,5	—	—	12	18,2
	8 ans 6 mois	28	42,4	10	15,1	8	12,1	1	1,5	1	1,5	—	—	18	27,3
	9 ans 6 mois	32	48,5	10	15,1	4	6,1	1	1,5	—	—	—	—	19	28,8
S. 42	2 ans 10 mois	—	—	—	—	13	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	8	61,5	—	—	2	15,4	—	—	1	7,7	—	—	2	15,4
	4 ans 10 mois	11	84,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	15,4
	5 ans 10 mois	8	61,5	—	—	1	7,7	1	7,7	1	7,7	—	—	2	15,4
	6 ans 10 mois	7	53,8	1	7,7	2	15,4	—	—	1	7,7	—	—	2	15,4
	7 ans 10 mois	9	69,2	2	15,4	—	—	—	—	—	—	—	—	2	15,4
C.E. 9	4 ans	—	—	—	—	46	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	34	73,9	—	—	4	8,7	4	8,7	—	—	1	2,2	3	6,5
	6 ans	31	67,4	3	6,5	4	8,7	3	6,5	—	—	2	4,3	3	6,5
	7 ans	29	63,0	3	6,5	4	8,7	2	4,3	—	—	3	6,5	5	10,9

Tableau LVII. – Résultats d'observations portant sur des groupes d'arbres « contaminés au pivot » dans des parcelles traitées

Champ	Age	Etat sanitaire observé													
		X		Θ		+		O		—		F		▱F	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	4	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—
	5 ans 6 mois	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
	6 ans 2 mois	3	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—
	7 ans 2 mois	3	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—
Sem. 45	4 ans	—	—	—	—	—	—	32	100,0	—	—	—	—	—	—
	5 ans	19	59,4	2	6,3	5	15,6	2	6,3	2	6,3	1	3,1	1	3,1
	6 ans	21	65,6	3	9,4	2	6,3	—	—	—	—	4	12,5	2	6,3
	7 ans	16	50,0	4	12,5	3	9,4	1	3,1	1	3,1	3	9,4	4	12,5
S. 47	2 ans 3 mois	—	—	—	—	—	—	47	100,0	—	—	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	27	57,4	4	8,5	5	10,6	5	10,6	3	6,4	2	4,3	1	2,1
	3 ans	27	57,4	3	6,4	7	14,9	1	2,1	3	6,4	4	8,5	2	4,3
	3 ans 4 mois	32	68,1	3	6,4	4	8,5	1	2,1	1	2,1	3	6,4	3	6,4
	3 ans 8 mois	27	57,4	4	8,5	4	8,5	—	—	5	10,6	4	8,5	3	6,4
	4 ans	29	61,7	—	—	5	10,6	—	—	6	12,8	4	8,5	3	6,4

S. 41	4 ans	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
	5 ans 8 mois	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
	6 ans 6 mois	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—
	7 ans 6 mois	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
	8 ans 6 mois	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
	9 ans 6 mois	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—
S. 42	2 ans 10 mois	—	—	—	—	—	—	16	100,0	—	—	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	10	62,5	—	—	3	18,7	1	6,2	2	12,5	—	—	—	—
	4 ans 10 mois	13	81,3	—	—	1	6,2	—	—	1	6,2	—	—	1	6,2
	5 ans 10 mois	11	68,8	—	—	2	12,5	—	—	2	12,5	—	—	1	6,2
	6 ans 10 mois	13	81,3	—	—	2	12,5	—	—	—	—	—	—	1	6,2
	7 ans 10 mois	13	81,3	—	—	2	12,5	—	—	—	—	—	—	1	6,2
C.E. 9	4 ans	—	—	—	—	—	—	41	100,0	—	—	—	—	—	—
	5 ans	34	82,9	—	—	4	9,8	—	—	—	—	2	4,9	1	2,4
	6 ans	30	73,2	1	2,4	4	9,8	1	2,4	—	—	3	7,3	2	4,9
	7 ans	23	56,1	6	14,6	7	17,1	—	—	—	—	2	4,9	3	7,3

Tableau LVIII. – Résultats d'observations portant sur l'évolution de groupes d'arbres « contaminés aux racines » dans des parcelles traitées

Champ	Age	Etat sanitaire observé													
		X		Θ		+		O		—		F		F (encadré)	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	—	—	—	—	—	—	—	—	20	100,0	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	12	60,0	—	—	5	25,0	1	5,0	1	5,0	—	—	1	5,0
	5 ans 6 mois	16	80,0	1	5,0	2	10,0	—	—	—	—	—	—	1	5,0
	6 ans 2 mois	15	75,0	2	10,0	2	10,0	—	—	—	—	—	—	1	5,0
	7 ans 2 mois	10	50,0	3	15,0	2	10,0	1	5,0	1	5,0	—	—	3	15,0
Sem. 45	4 ans	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
	5 ans	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6 ans	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7 ans	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S. 47	2 ans 3 mois	—	—	—	—	—	—	—	—	19	100,0	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	17	89,5	—	—	2	10,5	—	—	—	—	—	—	—	—
	3 ans	14	73,7	—	—	2	10,5	—	—	3	15,8	—	—	—	—
	3 ans 4 mois	16	84,2	—	—	—	—	—	—	3	15,8	—	—	—	—
	3 ans 8 mois	16	84,2	—	—	2	10,5	—	—	1	5,3	—	—	—	—
	4 ans	13	68,4	—	—	3	15,8	—	—	3	15,8	—	—	—	—

S. 41	4 ans	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans 8 mois	5	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6 ans 6 mois	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7 ans 6 mois	5	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8 ans 6 mois	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
	9 ans 6 mois	3	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2	—
S. 42	2 ans 10 mois	—	—	—	—	—	—	—	—	11	100,0	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	6	54,5	—	—	4	36,4	1	9,1	—	—	—	—	—	—
	4 ans 10 mois	10	90,9	—	—	1	9,1	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans 10 mois	7	63,6	—	—	3	27,3	—	—	1	9,1	—	—	—	—
	6 ans 10 mois	7	63,6	—	—	3	27,3	—	—	1	9,1	—	—	—	—
	7 ans 10 mois	7	63,6	2	18,2	2	18,2	—	—	—	—	—	—	—	—
C.E. 9	4 ans	—	—	—	—	—	—	—	—	17	100,0	—	—	—	—
	5 ans	15	88,2	—	—	—	—	1	5,9	—	—	—	—	1	5,9
	6 ans	13	76,5	1	5,9	2	11,8	—	—	—	—	—	—	1	5,9
	7 ans	13	76,5	1	5,9	2	11,8	—	—	—	—	—	—	1	5,9

Tableau LIX. – Évolution observée de divers états sanitaires en parcelles témoins et en parcelles traitées

État sanitaire initialement observé	Nombre de cas observés		Evolution observée de l'état sanitaire											
			Mortalité (1) en %				Guérison en %				Aggravation en %			
			2 ½ à 4 ans		5 à 10 ans		2 ½ à 4 ans		5 à 10 ans		2 ½ à 4 ans		5 à 10 ans	
	En parcelle témoin	En parcelle traitée	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité	Témoin	Traité
Pivot infecté	121	111	20 à 25	20 à 25	60 à 70	35 à 40	30 à 35	55 à 60	10 à 15	30 à 35	—	—	—	—
Racines infectées	170	270	25 à 30	4 à 5	60 à 65	25 à 30	25 à 30	75 à 80	8 à 10	45 à 50	—	—	—	—
Pivot contaminé	284	145	15 à 20	10 à 15	50 à 60	—	30 à 35	60 à 65	—	—	10 à 15	7 à 10	30 à 35	—
Racines contaminées	111	75	15 à 20	0	35 à 40	—	20 à 25	65 à 70	35 à 40	—	15 à 20	10 à 15	25 à 30	—

(1) La mortalité est estimée en faisant le total des cas F et /F̄/, soit les cas incurables et les morts sur pied.

tante diminution des taux de mortalité, mais encore par un accroissement notable des cas de guérison.

En ce qui concerne les taux de mortalité, on note une seule exception pour les cas d'infection du pivot qui évoluent entre 2 1/2 et 4 ans vers une valeur semblable (± 25 %) pour les deux séries de parcelles, traitées et témoins. Les taux de guérison sont, par contre, dans les proportions du simple au double entre les parcelles témoins et les parcelles en traitement, au cours de la même période. Pour tous les autres cas envisagés au cours de deux périodes différentes, 2 1/2 à 4 ans et 5 à 10 ans, l'avantage marqué par le traitement est extrêmement net.

On notera encore que 25 à 35 % des hévéas atteints de pourridiés en parcelles témoins guérissent naturellement, sans l'intervention d'aucun traitement. Cette observation met en évidence la capacité de résistance de l'hévéa aux attaques des pourridiés.

Ce ne sont pas seulement les arbres contaminés qui sont capables de réagir, mais également les individus infectés aussi bien au pivot qu'aux racines.

Cette observation confirme le bien-fondé de nos méthodes d'expression de la gravité des infections radiculaires, lesquelles se basent en ordre principal sur le seul taux de mortalité imputable aux pourridiés. L'utilisation des cas d'infection ou de contamination ne pourrait en rien faire préjuger, avec une probabilité suffisante, de la réelle gravité de l'infection affectant une plantation.

§ 2. - ÉVOLUTION DES ARBRES SAINS EN PARCELLES TRAITÉES ET TÉMOINS

Comme nous l'avons déjà précisé antérieurement, l'efficacité d'un traitement se mesure, non seulement par une réduction du taux de mortalité affectant normalement les populations d'hévéas en conditions naturelles, mais aussi par le maintien d'une plus forte proportion d'arbres sains. En d'autres termes, le traitement doit avoir pour effet la guérison d'un certain nombre d'arbres malades et même un effet préventif à l'égard de l'infection menaçant les arbres sains.

On peut admettre que cet effet préventif existe depuis que nous avons démontré le rôle joué par les cuvettes de dégagement au pied des hévéas, lesquelles contribuent à réduire la progression du mal et le taux de mortalité. Nous avons démontré enfin de manière irréfutable la réduction du taux de mortalité qui était acquise par l'application du traitement.

En ce qui concerne le maintien d'un meilleur état sanitaire général sous l'influence du traitement, nous avons voulu en dégager la preuve en comparant l'évolution des arbres sains dans des parcelles traitées et témoins appartenant à des mêmes essais.

Tableau LX. — Résultats d'observations portant sur l'évolution de groupes d'arbres sains dans divers champs témoins

Champ	Age	Etat sanitaire observé (1)													
		X		Θ		+		O		—		F		▱F	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	471	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	350	74,3	12	2,5	24	5,1	69	14,6	7	1,5	9	1,9	—	—
	5 ans 6 mois	340	72,2	17	3,6	25	5,3	63	13,4	8	1,7	12	2,5	6	1,3
	6 ans 2 mois	258	54,8	40	8,5	27	5,7	82	17,4	2	0,4	32	6,8	30	6,4
	7 ans 2 mois	195	41,4	58	12,3	17	3,6	77	16,3	8	1,7	45	9,6	71	15,1
Sem. 45	4 ans	500	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	362	72,4	11	2,2	18	3,6	65	13,0	9	1,8	33	6,6	2	0,4
	6 ans	302	60,4	31	6,2	31	6,2	60	12,0	16	3,2	34	6,8	26	5,2
	7 ans	299	59,8	52	10,4	14	2,8	38	7,6	9	1,8	32	6,4	56	11,2
S. 47	2 ans 3 mois	1376	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	1273	92,5	15	1,1	13	0,9	51	3,7	12	0,9	10	0,7	2	0,1
	3 ans	1227	89,2	26	1,9	23	1,7	66	4,8	11	0,8	18	1,3	5	0,4
	3 ans 4 mois	1078	78,3	39	2,8	25	1,8	160	11,6	20	1,4	43	3,1	11	0,8
	3 ans 8 mois	1063	77,2	36	2,6	27	2,0	162	11,8	22	1,6	42	3,0	24	1,7
	4 ans	886	64,4	40	2,9	37	2,7	262	19,0	66	4,8	48	3,5	37	2,9

S. 41	4 ans	599	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	480	80,1	15	2,5	68	11,4	8	1,3	15	2,5	5	0,8	8	1,3
	5 ans 8 mois	360	60,1	30	5,0	139	23,2	1	0,2	30	5,0	20	3,3	20	3,3
	6 ans 6 mois	320	53,4	43	7,2	151	25,2	3	0,5	23	3,8	9	1,5	50	8,4
	7 ans 6 mois	297	49,6	82	13,7	112	18,7	8	1,3	14	2,3	27	4,5	59	9,8
	8 ans 6 mois	232	38,7	103	17,2	99	16,5	3	0,5	15	2,5	58	9,7	89	14,9
	9 ans 6 mois	218	36,4	104	17,4	78	13,0	3	0,5	26	4,3	23	3,8	147	24,5
S. 42	2 ans 10 mois	700	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	441	63,0	4	0,6	92	13,1	32	4,6	53	7,6	14	2,0	64	9,1
	4 ans 10 mois	404	57,7	19	2,7	113	16,1	19	2,7	38	5,4	15	2,1	92	13,1
	5 ans 10 mois	277	39,6	24	3,4	155	22,1	8	1,1	91	13,0	9	1,3	136	19,4
	6 ans 10 mois	291	41,6	49	7,0	147	21,0	8	1,1	28	4,0	32	4,6	145	20,7
	7 ans 10 mois	209	29,9	71	10,1	133	19,0	18	2,6	54	7,7	38	5,4	177	25,3

(1) Les états sanitaires observés sont représentés par des symboles dont nous rappelons encore ici la signification :
X : sain
Θ : pivot infecté
\+ : racine infectée
O : pivot contaminé
— : racine contaminée
F : cas incurable
/F/ : mort des suites d'infection par pourridiés.

Tableau LXI. – Résultats d'observations portant sur l'évolution de groupes d'arbres sains en parcelles traitées

Champ	Age	Etat sanitaire observé													
		X		Θ		+		O		—		F		/F/	
		Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Sem. 43	4 ans 6 mois	675	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans 2 mois	547	81,0	17	2,5	75	11,1	11	1,6	12	1,8	—	—	13	1,9
	5 ans 6 mois	570	84,4	13	1,9	57	8,4	6	0,9	7	1,0	—	—	22	3,3
	6 ans 2 mois	508	75,3	36	5,3	80	11,9	7	1,0	13	1,9	—	—	31	4,6
	7 ans 2 mois	428	63,4	70	10,4	94	13,9	9	1,3	13	1,9	—	—	61	9,0
Sem. 45	4 ans	500	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	423	84,6	16	3,2	37	7,4	4	0,8	5	1,0	13	2,6	2	0,4
	6 ans	398	79,6	23	4,6	41	8,2	3	0,6	5	1,0	20	4,0	10	2,0
	7 ans	366	73,2	37	7,4	43	8,6	5	1,0	7	1,4	20	4,0	22	4,4
S. 47	2 ans 3 mois	1436	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2 ans 7 mois	1367	95,2	16	1,1	21	1,5	11	0,8	11	0,8	10	0,7	—	—
	3 ans	1342	93,4	35	2,4	26	1,8	5	0,3	11	0,8	17	1,2	—	—
	3 ans 4 mois	1318	91,8	38	2,6	34	2,4	4	0,3	20	1,4	22	1,5	—	—
	3 ans 8 mois	1282	89,2	39	2,7	40	2,9	2	0,1	44	3,1	29	2,0	—	—
	4 ans	1225	85,3	11	0,8	80	5,6	8	0,6	75	5,2	34	2,4	3	0,2

S. 41	4 ans	592	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 8 mois	529	89,4	7	1,2	39	6,6	2	0,3	12	2,0	—	—	3	0,5
	5 ans 8 mois	487	82,3	25	4,2	46	7,8	6	1,0	22	3,7	—	—	6	1,0
	6 ans 6 mois	516	87,2	12	2,0	45	7,6	—	—	3	0,5	—	—	16	2,7
	7 ans 6 mois	427	72,1	34	5,7	86	14,5	—	—	4	0,7	—	—	41	6,9
	8 ans 6 mois	362	61,1	91	15,4	63	10,6	3	0,5	12	2,0	—	—	61	10,3
	9 ans 6 mois	351	59,3	94	15,9	64	10,8	2	0,3	11	1,9	—	—	70	11,8
S. 42	2 ans 10 mois	686	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4 ans 2 mois	557	81,2	8	1,2	79	11,5	12	1,7	15	2,2	—	—	15	2,2
	4 ans 10 mois	564	82,2	13	1,9	68	9,9	7	1,0	16	2,3	—	—	18	2,6
	5 ans 10 mois	516	75,2	17	2,5	99	14,4	6	0,9	21	3,1	—	—	27	3,9
	6 ans 10 mois	477	69,5	61	8,9	89	13,0	4	0,6	11	1,6	—	—	44	6,4
	7 ans 10 mois	394	57,4	118	17,2	91	13,3	2	0,3	12	1,7	—	—	69	10,0
C.E. 9 (1)	4 ans	2336	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5 ans	2045	87,5	37	1,6	136	5,8	55	2,4	—	—	35	1,5	28	1,2
	6 ans	1933	82,7	71	3,0	170	7,3	37	1,6	—	—	68	2,9	57	2,4
	7 ans	1694	72,5	174	7,4	267	11,4	36	1,5	—	—	70	3,0	95	4,1

(1) Dans les observations réalisées au champ C.E. 9, les cas de contamination du pivot et des racines (O et —) sont envisagés globalement.

Dans ce but, nous avons choisi dans divers champs, à un moment donné qui correspondait le plus souvent à la première ronde sanitaire, tous les individus reconnus indemnes de pourridiés dans les limites autorisées par le dégagement radiculaire normal, tel qu'il est réalisé au cours des inspections périodiques. Ainsi, il est possible que des individus reconnus sains au cours d'un tel examen présentent des cas de maladie sur les portions du système radiculaire qui restent enfouies dans le sol.

Nous fûmes obligés d'admettre cette inconnue au départ de l'étude portant sur l'évolution des arbres considérés « sains » dans les limites précitées. Nous aurions pu, évidemment, opérer un dégagement complet des systèmes radiculaires, ce qui nous eut assuré le repérage des seuls arbres vraiment sains.

Par contre, les énormes travaux de terrassement, qu'implique une telle méthode, auraient perturbé le milieu dans une telle mesure que l'étude portant sur l'évolution ultérieure de ces arbres sains et des divers cas de maladie perdait toute sa valeur.

Nous donnons dans les tableaux LX et LXI les résultats obtenus par cette étude portant sur l'évolution des arbres sains, d'une part en parcelles témoins (tableau LX) et d'autre part en parcelles soumises au traitement (tableau LXI) pour des mêmes champs observés, à l'exception d'un seul, le champ C.E. 9 (1).

De la comparaison des données figurant dans ces deux tableaux, on peut conclure que le traitement appliqué s'est révélé d'une grande efficacité en maintenant systématiquement une fraction saine de la population nettement plus élevée dans les parcelles traitées que dans les témoins.

D'un examen plus approfondi portant sur les divers champs à l'étude, il résulte encore que l'efficacité du traitement, marquée par le taux d'arbres maintenus sains endéans une période donnée, a été nettement plus grande pour les parcelles où le traitement a commencé plus tôt.

Ainsi, les écarts en faveur du traitement — déterminés par la différence entre les taux d'arbres sains en parcelles traitées et témoins — furent respectivement de 27,5 - 22,0 - 20,9 et 22,9 pour les champs S.42 - Sem. 43 - S.47 - S.41, dont le premier traitement fut opéré aux âges suivants, repris dans l'ordre des champs précités : 2 ans 10 mois - 2 ans 3 mois - 2 ans 3 mois et 4 ans.

Nous avons condensé, dans le tableau LXII, les données essentielles ressortant des divers champs étudiés afin de mieux faire apparaître les influences marquées par la précocité et la durée du traitement sur l'efficacité de la méthode de lutte.

(1) L'évolution, étudiée dans les parcelles traitées du champ C.E. 9, ne pouvait être comparée à celle qui intéressait les parcelles témoins du même champ, du fait que ces dernières étaient constituées par des « relevés d'existences » où l'on n'observait donc que le seul taux de mortalité sans l'aide d'aucun dégagement radiculaire.

On notera que l'écart maximum dans le taux d'arbres sains a été obtenu dans le champ S.42 dont le traitement, commencé à 2 ans 10 mois, fut suivi durant 5 ans. Les champs S.42, Sem. 43 et S.47, dans lesquels le traitement a débuté pratiquement au même âge, fournissent des écarts, dans les taux d'arbres sains, se chiffrant à 27,5, 22,0 et 20,9, valeurs décroissantes qui

Tableau LXII. – Ecarts observés en faveur du traitement dans les taux d'arbres morts et restés sains

Champ	Age lors du premier traitement	Période d'observation	Années d'observation (traitement)	Ecarts en faveur du traitement	
				% arbres sains	% arbres morts
S. 42	2 ans 10 mois	2 ans 10 mois à 7 ans 10 mois	5 ans	27,5	20,7
Sem. 43	2 ans 3 mois	4 ans 6 mois à 7 ans 2 mois	± 3 ans	22,0	15,7
S. 47	2 ans 3 mois	2 ans 3 mois à 4 ans	± 2 ans	20,9	3,8
S. 41	4 ans	4 ans à 9 ans 6 mois	± 6 ans	22,9	16,5
Sem. 45	4 ans	4 ans à 7 ans	3 ans	13,4	9,2

correspondent respectivement à 5 ans, 3 ans et 2 ans d'observations. Ceci marque nettement l'influence de la durée du traitement sur la valeur des écarts constatés dans les taux d'arbres sains. C'est ainsi que le champ S.41 où le traitement a commencé plus tard (4 ans) marque encore un écart de 22,9 % en faveur du traitement, cet écart important étant à attribuer à la plus longue durée d'application du traitement (6 ans).

Le champ Sem.45, traité pour la première fois à 4 ans et observé durant 3 années seulement, fournit l'écart minimum avec 13,4 %.

Ainsi pour l'ensemble des champs considérés, on peut conclure que les parcelles traitées contiennent en fin d'observation un taux d'arbres sains nettement supérieur à celui qui existe dans les parcelles témoins.

En ce qui concerne l'évolution des arbres reconnus initialement sains vers la mortalité, on peut constater, d'après l'échelle des écarts reproduits au tableau LXII, que le traitement se marque par un net avantage en réduisant systématiquement les taux de mortalité constatés dans les parcelles témoins.

Comme ce fut le cas pour les taux d'arbres sains qui marquaient des écarts significatifs en faveur du traitement, on note dans le tableau LXII que les écarts relevés entre les taux de mortalité des parcelles témoins et des

Tableau LXIII. – Taux comparés de mortalité et de guérison en parcelles témoins et en parcelles traitées pour les divers états sanitaires considérés

Champ	Période considérée	Etat sanitaire initialement observé	Morts %			Sains %		
			Témoin	Traitement	Ecart	Traitement	Témoin	Ecart
Sem. 43	De 4 ans 6 mois	Sains	24,7	9,0	+ 15,7	63,4	41,4	+ 22,0
	à	Pivots infectés	83,3	18,2	+ 65,1	18,2	0	+ 18,2
	7 ans	Racines infectées	64,7	34,4	+ 30,3	36,7	20,6	+ 16,1
	2 mois	Pivots contaminés	54,2	—	—	—	12,9	—
		Racines contaminées	40,0	15,0	+ 25,0	50,0	24,0	+ 26,0
Sem. 45	De 4 ans	Sains	17,6	8,4	+ 9,2	73,2	59,8	+ 13,4
	à	Pivots infectés	80,0	43,7	+ 36,3	18,8	0	+ 18,8
	7 ans	Racines infectées	75,0	19,4	+ 55,6	61,3	25,0	+ 36,3
		Pivots contaminés	51,0	21,9	+ 29,1	50,0	32,7	+ 17,3
		Racines contaminées	45,5	—	—	—	18,2	—
S. 47	De 2 ans 3 mois	Sains	6,4	2,6	+ 3,8	85,3	64,4	+ 20,9
	à	Pivots infectés	23,2	26,4	— 3,2	57,9	37,5	+ 20,4
	4 ans	Racines infectées	30,0	4,2	+ 25,8	79,2	30,0	+ 49,2
		Pivots contaminés	18,2	14,9	+ 3,3	61,7	33,7	+ 28,0
		Racines contaminées	17,7	0	+ 17,7	68,4	23,5	+ 44,9
S. 41	De 4 ans	Sains	28,3	11,8	+ 16,5	59,3	36,4	+ 22,9
	à	Pivots infectés	65,2	37,5	+ 27,7	31,3	13,0	+ 18,3
	9 ans	Racines infectées	65,9	28,8	+ 37,1	48,5	8,5	+ 40,0
	6 mois	Pivots contaminés	60,0	—	—	—	6,7	—
		Racines contaminées	36,1	—	—	—	38,9	—
S. 42	De 2 ans 10 mois	Sains	30,7	10,0	+ 20,7	57,4	29,9	+ 27,5
	à	Pivots infectés	87,5	—	—	—	12,5	—
	7 ans	Racines infectées	90,0	15,4	+ 74,6	69,2	0	+ 69,2
	10 mois	Pivots contaminés	45,1	6,2	+ 38,9	81,3	19,4	+ 61,9
		Racines contaminées	45,5	5,9	+ 39,6	76,5	13,6	+ 62,9

parcelles traitées sont en général d'autant plus importants que le traitement a été suivi plus longtemps. Les écarts de 20,7, 15,7 et 3,8 % enregistrés dans les champs S.42, Sem.43 et S.47 correspondent à des durées d'observation respectives de 5 ans, 3 ans et 2 ans.

La même remarque peut s'appliquer pour les champs S.41 et Sem.45, tous deux mis sous contrôle à l'âge de 4 ans, et où l'écart le plus important du taux de mortalité a été obtenu pour les parcelles traitées durant 6 ans.

§ 3. - CONCLUSIONS

Afin de faciliter l'examen des comparaisons qui amènent à démontrer l'efficacité du traitement appliqué, nous avons regroupé, côte à côte dans le tableau LXIII, les données intéressant l'évolution des états sanitaires observés vers la mortalité ou la guérison pour les parcelles traitées et les parcelles témoins des divers champs étudiés. Pour chaque cas considéré, nous avons enfin noté l'écart existant entre les taux d'arbres morts ou d'arbres sains résultant de l'évolution observée durant certaines périodes.

Les écarts en faveur du traitement sont marqués du signe + dans le tableau; le signe — désigne l'écart qui subsiste en faveur du témoin.

On notera à ce propos qu'il existe un seul cas, dans le champ S.47, où le traitement ne provoque pas une réduction du taux de mortalité imputable aux infections du pivot (nombres en caractères italiques dans le tableau); le traitement agit par contre sur ces cas d'infection en faisant passer le taux d'arbres sains de 37,5 à 57,9 %.

Pour tous les autres cas, le traitement marque son efficacité à la fois par une réduction du taux de mortalité et par un accroissement du taux de guérison.

On peut enfin constater que l'efficacité du traitement varie en fonction des facteurs suivants :

— précocité et durée du traitement,

— état sanitaire observé au début du traitement.

En relation avec les divers états sanitaires dont on a suivi l'évolution, on aura encore l'occasion de noter que l'efficacité du traitement peut se marquer différemment sur les taux de mortalité et de guérison, en affectant parfois l'un plus que l'autre.

Ces diverses conclusions ressortent de l'analyse des éléments condensés dans le tableau qui précède et que l'on peut résumer comme suit :

— 1) On notera que, d'une manière générale, le traitement a marqué un effet d'autant plus bénéficiel, par rapport aux témoins, que la lutte a été commencée plus tôt et poursuivie plus longtemps.

C'est dans les champs S.47 et S.42, où le traitement fut appliqué dès l'âge de 2 ans environ, que l'on note les taux les plus élevés d'arbres sains

(arbres initialement sains maintenus tels et arbres initialement malades qui furent guéris par le traitement). Il existe pour les deux champs des écarts de 20 à 69 % en faveur du traitement dans les taux d'arbres sains. Le champ S.42, où le traitement précocément appliqué fut poursuivi durant 5 ans, fournit des écarts énormes par rapport aux parcelles témoins, tant pour les taux de mortalité que pour les taux d'arbres sains. Ces derniers sont exprimés par des écarts en faveur du traitement de 27,5 - 69,2 - 61,9 et 62,9 % respectivement pour les cas initialement catalogués : sains - racines infectées - pivots contaminés et racines contaminées. Les écarts relevés dans les taux de mortalité sont également remarquables.

Enfin, parmi les champs où le traitement a commencé à 4 ans environ (Sem.43 - Sem.45 - S.41), le traitement a abouti à un meilleur état sanitaire général dans le champ S.41, où les soins furent poursuivis durant 5 1/2 ans, contre 3 ans environ dans les deux autres.

— 2) C'est sur les cas d'infection des racines que l'on enregistre les plus grands succès relatifs du traitement. C'est en effet pour ces cas que les écarts relevés dans les taux de mortalité et d'arbres sains sont le plus nettement en faveur du traitement.

Cette observation est particulièrement intéressante étant donné que les « racines infectées » fournissent d'habitude des taux de mortalité très élevés en conditions naturelles; ces cas sont en fait, avec les « pivots infectés », les plus dangereux pour l'existence des hévéas.

En fonction des degrés d'efficacité du traitement, se classent ensuite par ordre décroissant les cas suivants : racines contaminées, pivots contaminés et infectés et enfin les arbres sains.

Il ne faut pas considérer ce classement comme absolu. En effet, le nombre assez réduit de champs étudiés d'une part, et le nombre de cas observés souvent insuffisant d'autre part, ne permettent pas de retirer autre chose qu'une indication sur l'efficacité relative du traitement.

Nous avons pu prouver par contre l'efficacité nettement marquée du traitement et c'est là le résultat essentiel qu'il faut retenir de cette étude préliminaire. Quant à la notion d'efficacité relative du traitement en fonction des cas pathologiques, elle ne pourra se déduire avec certitude qu'à partir d'observations portant sur des groupes d'individus extrêmement importants [1].

— 3) L'efficacité du traitement des cas d'infection sur les racines se marque à la fois par une nette réduction du taux de mortalité et par un important accroissement du taux d'arbres sains.

---

(1) Il existe dans nos dossiers des millions de données touchant l'évolution des cas de maladie sur quelque 90.000 individus observés individuellement depuis des années. Un dépouillement systématique de cette documentation se révèle irréalisable avec les moyens dont nous disposons actuellement. Dans un proche avenir, nous disposerons de moyens mécanographiques pour mener à bien cette tâche riche de promesses.

Sur les cas de contamination de racines, c'est surtout dans l'accroissement du taux d'arbres sains que le traitement marque son efficacité; sur les cas d'infection du pivot, on note surtout l'effet du traitement par une nette diminution du taux de mortalité. Cette dernière constatation signifie que le traitement fait évoluer beaucoup de cas graves en cas plus bénins, ce qui a pour effet de diminuer le taux de mortalité, mais que, par contre, il est moins efficace dans le sens d'amener la guérison d'un grand nombre de ces cas. On conçoit aisément que le traitement soit, dans ce sens, moins bénéfique que sur les cas d'infection de racines par exemple. Il suffit de se rappeler les difficultés plus grandes qu'impliquent le repérage des cas d'infection et les soins apportés aux pivots malades pour comprendre que leur traitement soit généralement moins efficace.

La détection des infections sur les racines est aisée et le traitement est radical puisqu'on procède à l'ablation des portions infectées. Sur les pivots, par contre, il faut procéder à l'excision de plages malades parfois importantes à la faveur d'un dégagement forcément restreint qui rend les opérations souvent difficiles.

On traite cependant de cette manière des sujets dont le pivot est pourri jusqu'à concurrence de la moitié de son volume. Jadis, on considérait comme perdu un arbre qui présentait une nécrose affectant le tiers de la circonférence du pivot et on procédait à son éradication pure et simple. Il faut admettre que le traitement aujourd'hui appliqué sur des cas graves d'infection du pivot est quand même efficace, ainsi qu'en témoignent les données fournies par les tableaux précédents, et contribue donc au maintien d'une meilleure occupation par unité de surface.

Nous croyons avoir dégagé à suffisance l'intérêt que présentent de telles études sur l'évolution des cas pathologiques à la fois en parcelles témoins et en parcelles soumises au traitement. Ces études, toutes préliminaires qu'elles soient au stade actuel, nous ont, néanmoins, permis de mieux définir l'efficacité du traitement standard appliqué. Cette efficacité se traduit à la fois par une importante réduction du taux de mortalité et par la guérison d'un pourcentage notable de cas d'infection, si graves soient-ils.

La démonstration de ces faits est la conséquence la plus importante qui soit issue de nos études portant sur l'évolution des cas pathologiques imputables aux parasites radicicoles (1).

(1) Dans cette première phase de nos études, nous avons dû nous résoudre à envisager les cas de maladie, abstraction faite de l'organisme causal. En fait, la distinction au stade actuel entre les deux parasites, *Fomes* et *Armillaria*, nous eut fourni à maintes reprises des quantités trop réduites de sujets répondant à un faciès donné de la maladie; cette circonstance aurait réduit d'autant les chances de retirer une indication à partir de l'étude portant sur l'évolution des cas choisis. Une étude complète, envisageant séparément l'évolution des cas induits par chacun des deux parasites, sera possible dans un proche avenir lorsque nous disposerons des méthodes adéquates pour le dépouillement des données accumulées.

QUATRIÈME PARTIE

EFFICACITÉ DES PROCÉDÉS DE LUTTE ET ASPECT ÉCONOMIQUE DU TRAITEMENT CONTRE LES POURRIDIÉS

CHAPITRE PREMIER

EFFICACITÉ DES PROCÉDÉS DE LUTTE

§ 1. - LA MÉTHODE DE LUTTE STANDARD

1. - *PRINCIPES.*

La méthode de lutte directe que nous avons expérimentée à Yangambi — et que nous avons décrite précédemment (p. 277) sous le nom de méthode « Standard Yangambi » — est inspirée de la méthode suivie par le « Rubber Research Institute of Malaya ».

Elle a été modifiée par l'introduction de certaines modalités dont nous signalerons plus loin l'utilité.

La méthode standard repose, comme on le sait, sur deux principes :

1) dégagement d'une partie du système radiculaire de tous les hévéas d'une plantation;
2) traitement chirurgical et chimique des arbres malades.

A l'opposé de la méthode malaise, qui prévoyait le comblement des cuvettes de dégagement après le traitement, ces dernières restent ouvertes dans la méthode de Yangambi. Ces cuvettes sont même progressivement élargies et approfondies avec le vieillissement des hévéas. Cette technique, tout en s'avérant inoffensive pour les hévéas [1], provoque une modification profonde des conditions de milieu au voisinage du collet des hévéas, modification qui aboutit à enrayer la progression des parasites radicicoles du type *Fomes* notamment; cette action des cuvettes de dégagement se traduit, ainsi que nous l'avons démontré précédemment, par une réduction des taux de mortalité [2].

Comme autres modifications de l'ancienne méthode de lutte malaise, citons le badigeonnage au carbolineum des portions radiculaires traitées chirurgicalement (ou blessées accidentellement lors du dégagement) et la recharge des parties saines de racines amputées de leurs régions malades.

---

(1) Les zones dégagées des racines mettent à nu des portions qui sont dépourvues de systèmes pilifères absorbants.

(2) Le but de notre travail n'était pas de définir, sur le plan phytopathologique, l'action des divers facteurs du milieu perturbé sur les fonctions vitales des parasites radicicoles. Nous soulignerons toutefois que les travaux réalisés à Yangambi et en Malaisie ont conclu à l'action inhibitrice de la lumière et de la dessiccation sur la croissance du *Fomes lignosus* notamment. On conçoit que les cuvettes, ouvertes au collet des hévéas, fassent jouer ces facteurs défavorables. De fait, nous avons pu observer que la création des cuvettes de dégagement arrêtait au niveau des parois la progression du mycélium de *Fomes*.

L'*Armillaria*, dont la progression rhizomorphique est sous-corticale, échappe évidemment à l'influence des facteurs précités.

2. - *EFFICACITE DE LA METHODE.*

L'efficacité d'une méthode de lutte doit être appréciée, selon nous, en fonction de divers critères, que l'on peut définir comme suit : réduction du taux de mortalité affectant la population traitée, action préventive contre l'infection et action curative sur les cas d'infection.

Voyons dans quelle mesure notre méthode de lutte répond à ces exigences.

1) *Réduction du taux de mortalité.*

L'étude comparée de l'incidence des pourridiés en parcelles traitées et témoins a démontré l'efficacité du traitement dans la réduction des taux de mortalité imputables à l'action des parasites radicicoles. L'application du traitement dès le jeune âge (± 2 ans) a permis de réduire de 3,5 à 4,5 % les taux annuels moyens de mortalité jusqu'à l'âge de 10 ans dans les plantations d'hévéas de Yangambi. Entre 8 et 10 ans d'âge des plantations, on observa, en faveur du traitement, des écarts de 25 % dans les taux de mortalité.

2) *Action préventive du traitement.*

Le fait de laisser les cuvettes de dégagement ouvertes au pied des hévéas a amené une réduction du taux de mortalité annuel de l'ordre de 1,5 %, sans aucune autre intervention.

L'application du traitement complet durant plusieurs années (au moins 5 ans) maintient, dans les parcelles traitées, quelque 25 % d'arbres sains en plus que dans les parcelles témoins.

3) *Action curative du traitement.*

Le traitement se montre particulièrement efficace en guérissant de notables proportions d'individus infectés au pivot ou aux racines. Par rapport à des parcelles témoins, on a observé des écarts des taux de guérison de ± 20 % pour les pivots malades et de ± 50 % pour les racines infectées, en faveur du traitement appliqué durant au moins 5 ans.

4) *Régénération des portions perdues du système radiculaire.*

Une autre action non moins utile du traitement, tel que nous l'avons mis au point, est de favoriser l'apparition de racines adventives sur les portions mutilées par le traitement chirurgcial. Nous devons ici fournir quelques précisions touchant la phase du traitement qui consiste à recharger certaines portions du système radiculaire mises à nu.

Lorsqu'une racine est reconnue malade, nous avons signalé qu'on procédait à son dégagement en dehors des limites de la cuvette pour retracer l'origine du mal. Dans le cas de racines contaminées, ce procédé est indispensable pour permettre un grattage soigné de tout le mycélium présent sur la racine. Pour les racines dont les tissus sont déjà colonisés par les parasites,

ce dégagement supplémentaire permet l'enlèvement des tissus infectés qui constituent un risque de contamination pour les racines en extension des hévéas voisins.

Toutes les racines traitées en dehors de la zone de dégagement normal sont rechargées immédiatement après le badigeonnage au carbolineum. On procède de même dans le cas où des portions de pivot sont grattées ou excisées sous le niveau normal du fond de la cuvette de dégagement. La recharge des parties profondément dégagées suit immédiatement le traitement au carbolineum.

La recharge des portions saines de racines infectées, après ablation des parties malades, peut parfois aboutir à un comblement d'une partie de la cuvette de dégagement si la portion de racine saine qui subsiste est vraiment très courte.

Bien que cette technique exige un travail supplémentaire, on ne saurait assez insister sur l'intérêt que présente son application. Depuis longtemps, nous avions observé que nombre d'hévéas présentaient des réactions naturelles aux infections radiculaires. On peut noter, dans certains cas, la cicatrisation des lésions provoquées par l'action des parasites et très souvent la formation d'un grand nombre de racines adventives issues des tissus qui avoisinent les zones lésées par les pourridiés.

Nous fûmes ainsi amenés à favoriser ces réactions sur les racines traitées, d'une part en badigeonnant avec du carbolineum les sections des racines ayant subi l'ablation des parties malades et d'autre part en rechargeant une partie des portions saines. Nous avons pu constater que cette technique produit sur les racines un effet analogue aux réactions de défense observées en conditions naturelles, soit la formation d'un chevelu radiculaire abondant.

Il est important de noter que, dans ce cas, les portions rechargées à l'occasion d'une ronde sanitaire ne doivent pas être dégagées à la ronde suivante, afin de ne pas entraver le processus de régénération radiculaire. Cette précaution est surtout d'application lorsque les rondes sanitaires sont conduites tous les 4 ou 6 mois. Dans le cas où les rondes sont espacées d'un an, un éventuel dégagement des portions rechargées doit encore s'accompagner de précautions particulières afin de ne pas blesser les jeunes racines adventives.

Les observations que nous avons pu faire sur la capacité de régénération des portions de racines rechargées nous ont en effet convaincu que, dans la grande majorité des cas, il s'écoulait 6 mois avant qu'on ne puisse constater la formation de radicelles. Des racines ont cependant marqué cette réaction endéans les 4 mois qui suivaient le traitement, mais ces cas sont relativement rares; c'est pourquoi nous recommandons de ne pas dégager avant une année les portions de racines ainsi traitées.

Les observations, faites après un an, nous ont montré le plus souvent la présence de 4 à 8 racines adventives, selon l'importance de la racine traitée.

Ces racines, dont la circonférence pouvait atteindre 6 cm, sont capables de subir alors un dégagement conduit avec toutes les précautions requises.

Nous avons encore noté que ces réactions radiculaires se situaient le plus souvent à la partie inférieure de la racine coupée.

Le succès de cette technique est indiscutable : on ne compte pas 10 % des racines traitées qui ne marquent pas ces réactions. On peut donc escompter que 90 % des racines ainsi traitées reconstitueront, endéans les quelques années qui suivent, un chevelu radiculaire capable de compenser la perte subie du fait de l'ablation de portions plus ou moins importantes de racines latérales.

3. - *INFLUENCE DE LA PRECOCITE ET DE LA FREQUENCE DES INTERVENTIONS.*

Nous disposons de peu d'essais à partir desquels nous pouvons tirer des conclusions concernant l'influence exacte de la précocité et de la fréquence des traitements sur les taux de disparition affectant les plantations d'hévéas.

Si on se reporte aux remarques que nous fîmes précédemment sur la façon dont on envisagea au début le problème des pourridiés au Congo belge, on comprendra aisément que des problèmes tels que ceux-ci sont difficilement solubles si on ne dispose pas d'essais particuliers, spécialement conçus à cet effet. En fait, de tels essais devraient contenir comme seules variables les éléments dont nous recherchons l'influence, en l'occurence la précocité d'intervention de la lutte et la fréquence des traitements. Ceci implique la création d'expériences où tous les autres facteurs de variabilité seraient semblables tels que le type de sol, le mode d'ouverture, la date et le mode d'établissement, le matériel de plantation et le mode d'entretien, pour ne citer que les principaux.

Nous ne disposons malheureusement pas d'essais systématiques répondant à ces conditions idéales. En fait, nous tenterons de retirer des indications suffisantes à partir des données d'observation issues de divers essais qui ne sont pas strictement comparables aux divers points de vue cités plus haut.

Nous envisagerons, successivement, l'influence de la précocité d'intervention de la méthode de lutte, l'influence de la fréquence des rondes sanitaires et enfin les effets marqués sur l'état sanitaire général des plantations par des interruptions plus ou moins longues dans l'application des traitements.

a) *Précocité d'intervention des traitements.*

On sait que l'une des recommandations classiques de la méthode standard de lutte est l'intervention des traitements dès l'âge de deux ans des hévéas (1). Bien entendu, cette recommandation s'applique à des semis en

(1) En Extrême-Orient, et notamment en Indonésie, on recommandait même d'appliquer le premier traitement dès l'âge de 18 mois. Pour les conditions générales de développement de l'hévéa au Congo belge, nous estimons que cette recommandation est inapplicable. L'âge de deux ans est même parfois difficile à observer comme date d'application du premier traitement.

place de 2 ans ou encore à des stumps issus de pépinières et mis en place depuis au moins deux années. Dans le cas de greffage en place, le traitement ne peut guère s'appliquer avant 4 ans d'âge des sujets porte-greffes (1).

Il est bien évident que ces recommandations ne sont pas de valeur absolue; elles dépendent plus du degré de développement des sujets à prendre en observation sanitaire que de l'âge exact de la plantation.

Etant donné l'absence d'essais systématiques qui répondent aux conditions idéales définies plus haut, nous avons eu quelques difficultés pour traduire l'influence marquée, sur l'état sanitaire d'une plantation, par l'application précoce du traitement.

Des éléments essentiels, aujourd'hui acquis, nous permettront de tirer des conclusions valables. Nous les résumerons comme suit :

1) Des observations portant sur deux champs comparables au point de vue du mode d'ouverture ont fourni, pour la première observation sanitaire, des taux de pathogénéité de 6 et 7,8 % respectivement pour l'examen à 2 ans du premier champ et à 4 ans du second champ.

   Cet écart initial dans les indices de pathogénéité peut paraître faible, mais il implique pour le second champ, examiné à 4 ans, la présence d'une plus grande infection active. On sait déjà par l'expérience acquise qu'un tel écart initial, loin de se maintenir, va s'accroître avec le temps.

2) Les observations les plus importantes, qui fournissent des éléments de valeur pour cette étude, sont issues de nos travaux sur l'évolution des cas de maladie dans le temps. Nous rappelons à ce propos les conclusions formulées en fin du chapitre IV de la partie III de cet ouvrage (pp. 377 et suivantes). Ces conclusions mettent en évidence que l'efficacité du traitement, marquée par le taux d'individus maintenus sains pendant des périodes données, est nettement plus grande pour les parcelles où le traitement a été appliqué plus tôt.

   De même, l'étude de l'évolution de divers états sanitaires a fait apparaître l'intérêt d'une lutte précoce qui a contribué à assurer les taux maxima de guérison.

   La conclusion générale développée à la suite du tableau LXIII, suivant laquelle le traitement marque un effet d'autant plus bénéfique que la lutte a commencé tôt et s'est poursuivie plus longtemps, amène donc la réponse au problème capital qui fut souvent posé touchant la nécessité d'une intervention précoce du traitement.

Les preuves fournies par l'expérience peuvent encore se voir renforcées par quelques considérations issues des connaissances acquises en matière de

---

(1) Les sujets, généralement greffés à l'âge de 2 ans, sont en effet recépés peu de temps après la réalisation des greffes pour permettre l'éclosion des yeux et la poussée des greffons. Il serait inopportun de dégager le système radiculaire des sujets qui ont subi un tel choc du fait de la mutilation de l'appareil aérien. On attend généralement pour ce faire que les greffons se soient développés durant deux années.

biologie des parasites radicicoles d'une part et des observations réalisées sur les sujets malades d'autre part :

— Jusqu'à l'âge de 2 ans environ, l'infection est encore liée aux foyers primaires de dispersion et à quelques foyers secondaires généralement constitués par des espèces du couvert naturel. Vers l'âge de 4 à 5 ans, surtout en conditions de plantations denses, telles que nous les préconisons aujourd'hui, les racines d'hévéas voisins sont déjà en contact, au moins dans les lignes de plantation et la propagation des pourridiés arrive déjà à un stade plus généralisé. A ce moment, l'intervention des inspections sanitaires révèle toujours un taux d'infection élevé et aussi une forte proportion de cas incurables. Le taux annuel moyen de mortalité enregistré ultérieurement dans de telles plantations ne pourra jamais plus être réduit au niveau de ce qui est obtenu dans les plantations traitées dès l'âge de 2 ans. A cet égard, on peut dire que la technique de greffe en place, pour utile qu'elle soit sous l'angle de la rentabilité de la culture (1), est défavorable au point de vue de l'état sanitaire des plantations ainsi établies.

— L'hévéa jeune est plus sensible à l'action des pourridiés. Les nombreuses observations réalisées jusqu'ici nous ont convaincu du fait que la mort survenait plus rapidement dans le cas de jeunes sujets subissant une attaque grave.

  Ainsi, le fait d'agir tôt par une méthode de lutte adéquate préserve plus efficacement le potentiel productif d'une plantation, tant il est vrai que la disparition d'un arbre jeune représente pour l'avenir une perte de production beaucoup plus importante que la disparition d'un arbre plus âgé, lequel a déjà contribué durant de longues années à la productivité par unité de surface.

Nous n'avons pas tenté de préciser le gain exact de production que pouvait entraîner l'application précoce d'une méthode de lutte par rapport à des interventions plus tardives. Il nous eut fallu, pour ce faire, recourir à des données issues de champs qui n'étaient pas strictement comparables sous l'angle des méthodes culturales. Nous avons donc préféré tirer des conclusions utiles portant sur l'état sanitaire des plantations traitées précocement, plutôt que de bâtir des hypothèses hasardeuses touchant la productivité.

On peut dire qu'à la lumière des considérations précédentes et des résultats acquis expérimentalement, il s'avère nécessaire de contrôler avec vigilance l'état sanitaire des plantations dès l'âge de 2 ou 3 ans, dans toutes les situations où l'on est en droit de craindre l'apparition de dégâts imputables à la présence des champignons parasites du système radiculaire.

---

(1) Il est bien connu que le greffage en place avantage nettement la croissance des hévéas et diminue le prix de revient de l'établissement des plantations du fait de la suppression des pépinières.

Plus précoce sera la lutte entreprise et plus efficaces seront les mesures prises pour sauvegarder le capital que représentent les plantations établies.

b) *Fréquence des rondes sanitaires.*

La fréquence avec laquelle doivent intervenir les rondes sanitaires constitue un problème capital étroitement lié à la rentabilité d'une exploitation. Nous envisagerons dans les lignes suivantes les quelques facteurs essentiels qui peuvent conditionner l'application des traitements suivant une fréquence donnée :

— *Le potentiel d'infection initial d'une plantation.*

Bien que ce facteur ne puisse être déterminé *a priori,* on peut se baser, pour en obtenir une appréciation assez exacte, d'une part sur les constatations déjà faites dans des plantations voisines touchant l'ampleur des dégâts imputables aux pourridiés et d'autre part sur l'historique des plantations d'installation récente pour lesquelles on doit concevoir un schéma de traitement adéquat. Par exemple, on sait qu'une plantation d'hévéas, établie immédiatement après défrichement d'une forêt primaire, sera affectée par un taux élevé d'infection. Enfin, ce taux d'infection déjà réduit dans des champs qui succèdent à une jachère naturelle d'assez longue durée peut devenir pratiquement négligeable dans le cas de plantations établies après des cultures peu ou pas susceptibles aux pourridiés. C'est le cas notamment des caféiers, des plantes vivrières et, dans une certaine mesure, du palmier *Elaeis.* Ainsi, sur la seule base de la connaissance du milieu de plantation, on peut estimer que la fréquence des traitements doit être plus grande dans un cas déterminé que dans un autre.

— *La conjoncture économique du moment.*

Durant les périodes où les prix de vente du caoutchouc ne laissent plus qu'une marge bénéficiaire réduite, il existe une tendance accrue à la réduction de tous les frais qui touchent l'exploitation de près ou de loin afin de tenter la reconstitution d'une marge bénéficiaire considérée comme normale; à cette occasion, on réduit fortement — quand on ne les supprime pas complètement — les interventions d'ordre sanitaire.

Une telle façon d'agir aboutit évidemment à réduire la valeur du capital que représentent les plantations touchées par cette mesure. Il s'en suit, en effet, une infection généralisée et une diminution rapide du taux d'occupation à l'ha, ce qui amène ultérieurement, non seulement une diminution sensible du rendement à l'unité de surface, mais encore un accroissement des frais de saignée par kg de caoutchouc produit. Tous les praticiens savent que le rendement d'un saigneur diminue avec la réduction du taux d'occupation à l'ha des plantations en exploitation. Ainsi, lorsque les conditions du marché sont devenues à nouveau normales, on se trouve devant un capital-plantation sérieusement entamé dont le

revenu est loin de correspondre à ce qu'on eût pu en espérer s'il avait été maintenu à son niveau le plus élevé.

Ces arguments logiques ne suffisent généralement pas cependant pour convaincre les planteurs de ce que leur attitude opportuniste devant la fluctuation des cours du marché contribue à réduire fortement le bénéfice ultérieur qu'ils pourraient retirer d'une plantation maintenue en bon état sanitaire (1).

— *Les disponibilités en main-d'œuvre indigène.*

Il existe encore des cas où, dans le cadre d'une plantation donnée, on ne dispose que de la main-d'œuvre strictement nécessaire à l'accomplissement d'une exploitation normale. Qu'une réduction de la M.O.I. disponible survienne, sans qu'il soit possible de combler le déficit enregistré, le planteur est obligé de réduire les travaux d'entretien pour reporter tous ses efforts sur la seule récupération des produits de la plantation.

De telles situations sont malheureusement fréquentes et elles aboutissent aux mêmes désagréments déjà cités plus haut. Parfois, il s'agit de situations accidentelles et passagères, mais parfois aussi d'une erreur d'estimation du contingent d'ouvriers nécessaires pour la conduite normale d'une plantation d'importance donnée.

Pour en revenir au problème de la fréquence des rondes sanitaires, et en supposant que nous soyons placés dans des conditions normales qui permettent leur réalisation, nous estimons, sur la foi des observations et des expériences réalisées, que cette fréquence ne doit pas être inférieure à 4 mois. Bien entendu, cette recommandation s'applique pour les plantations établies en milieu reconnu infecté, comme c'est le cas de la majorité des plantations d'hévéas qui succèdent à une forêt primaire.

Que l'application des traitements doive se réaliser avec une telle fréquence, on en trouve la justification dans les essais réalisés à Yangambi. Nous en fournirons deux exemples choisis spécialement du fait qu'il s'agit d'essais dans lesquels la seule variable est bien la fréquence des rondes sanitaires.

Un premier essai compare la fréquence de 4 mois, appliquée de 5 à 8 ans d'âge de la plantation, avec une fréquence qui, de 4 mois entre 5 et 6 ans de plantation, fut portée à 6 mois de 6 à 8 ans. Nous avons consigné dans le tableau LXIV les indices de pathogénéité calculés pour chacun des deux types de fréquences appliquées, ainsi que la valeur des écarts constatés entre ces indices pour chacune des périodes considérées. Nous avons pris des périodes annuelles pour simplifier la présentation des données.

On notera, après examen de ces données, que l'objet (2) a maintenu un indice de pathogénéité assez comparable à celui de l'objet (1) jusqu'à

(1) La même remarque peut être avancée en ce qui concerne l'intensité de la saignée. En période d'euphorie économique, certains n'hésitent pas à saigner « à blanc » des sujets trop jeunes. De tels abus sur de jeunes arbres compromettent définitivement la rentabilité ultérieure des plantations.

l'âge de 6 ans, soit durant la période où la même fréquence de 4 mois fut appliquée aux deux objets de l'essai.

Tableau LXIV. — Expression des indices de pathogénéité (P) pour deux objets traités suivant des fréquences différentes

Age	P en relation avec la fréquence des rondes		
	Tous les 4 mois de 5 à 8 ans (1)	Tous les 4 mois de 5 à 6 ans Tous les 6 mois de 6 à 8 ans (2)	Ecarts (2) — (1)
5 ans	21,1	21,3	+ 0,2
6 ans	11,5	13,0	+ 1,5
7 ans	18,3	23,8	+ 5,5
8 ans	27,9	37,9	+ 10,0

Ultérieurement, à 7 et 8 ans d'âge, la modification de fréquence intéressant l'objet (2) fait apparaître des écarts de plus en plus nets. La valeur de l'écart, qui n'était que de 1,5 à l'âge de 6 ans, atteint 10,0 à l'âge de 8 ans, soit deux ans après la modification de fréquence, portée à 6 mois dans l'objet (2).

Pour le second essai, dont les objets sont également situés sur un même type de sol et soumis depuis le début aux mêmes traitements culturaux, nous avons comparé de la même manière les indices de pathogénéité affectant les parcelles traitées suivant des fréquences différentes. Le tableau LXV donne les indications relevées dans les deux objets étudiés, entre 5 et 8 ans de plantation.

Tableau LXV. — Expression des indices de pathogénéité (P) pour deux champs traités suivant des fréquences différentes

Age	P en relation avec la fréquence des rondes		
	Tous les 4 mois de 5 à 8 ans (1)	Tous les 4 mois de 5 à 6 ans Tous les 6 mois de 6 à 8 ans (2)	Ecarts (2) — (1)
5 ans	9,3	9,8	+ 0,5
6 ans	14,2	13,3	— 0,9
7 ans	12,7	17,7	+ 5,0
8 ans	11,6	21,8	+ 10,2

Dans le présent essai, on remarque également que les indices de pathogénéité sont comparables jusqu'à l'âge de 6 ans, soit pendant la période où

fut appliquée une même fréquence des rondes dans les deux objets étudiés. L'objet (2) marquait même à 6 ans une infection légèrement moindre que celle de l'objet (1). Au cours des deux années suivantes, on note que la fréquence de 6 mois appliquée à l'objet (2) fait apparaître des écarts importants, respectivement de 5,0 et 10,2 à 7 et 8 ans.

Il faut encore noter que l'essai qui vient d'être commenté révélait un potentiel d'infection nettement moindre que celui qui affectait le premier cité. On notera que les valeurs des indices de pathogénéité sont en effet dans les proportions du simple au double entre les deux essais.

On peut conclure de ce qui précède que l'espacement des rondes sanitaires à 6 mois se traduit par un net accroissement de l'infection due aux pourridiés, et ce, endéans l'année qui suit la modification de fréquence, de 4 à 6 mois. Enfin, l'effet néfaste de l'espacement plus grand des rondes sanitaires semble se marquer avec la même intensité relative, que le potentiel initial d'infection des champs considérés soit plus ou moins grand.

La question étant ainsi éclaircie pour le cas des rondes espacées de 6 mois, nous avons voulu préciser l'influence que marquerait un espacement plus grand encore, de l'ordre d'une année.

Dans ce but, nous avons comparé, à un champ traité régulièrement tous les 4 mois de 5 à 8 ans d'âge, un essai dans lequel la fréquence, initialement fixée à 4 mois jusqu'à 6 ans d'âge de la plantation, fut portée ensuite à un an jusqu'à la fin des observations. Nous avons établi pour ces deux champs, comparables sous l'angle des méthodes culturales et du type de sol, les valeurs des indices de pathogénéité d'année en année. Les valeurs calculées figurent au tableau LXVI.

Tableau LXVI. – Expression des indices de pathogénéité (P) pour deux champs différents traités suivant des fréquences de 4 mois et de un an

Age	P en relation avec la fréquence des rondes		
	Tous les 4 mois de 5 à 8 ans (1)	Tous les 4 mois de 5 à 6 ans Tous les ans de 6 à 8 ans (2)	Ecarts (2) — (1)
5 ans	6,8	7,4	+ 0,6
6 ans	7,2	7,3	+ 0,1
7 ans	7,3	15,4	+ 8,1
8 ans	9,8	25,4	+ 15,6

Les remarques, faites précédemment pour caractériser l'influence de l'espacement des rondes à 6 mois, peuvent se répéter dans le cas présent.

Cependant, il faut noter ici que l'accroissement relatif de l'indice de pathogénéité entre 6 et 7 ans d'une part et entre 7 et 8 ans d'autre part est beaucoup plus net pour l'objet (2) dont la fréquence est de 1 an, que pour les objets précédemment étudiés dont la fréquence était portée à 6 mois. Les écarts observés en témoignent d'ailleurs. Cette constatation est d'autant plus intéressante que le potentiel initial d'infection des champs étudiés ici est indiscutablement plus faible que dans les deux essais précédemment décrits. Les valeurs de l'indice P calculées pour l'objet (1), qui sont de 6,8 - 7,2 - 7,3 et 9,8 respectivement à 5, 6, 7 et 8 ans, démontrent à suffisance que le traitement régulièrement appliqué tous les 4 mois maintient l'infection existante dans des limites bien définies. L'examen des mêmes indices pour l'objet (2) montre, d'une part la similitude d'action du traitement appliqué tous les 4 mois dans les deux objets jusqu'à l'âge de 6 ans, et d'autre part l'accroissement brutal d'infection active qui se marque dès la première année qui suit la modification de fréquence du traitement, portée de 4 mois à 1 an.

c) *Conclusions.*

Les expériences et les observations qui viennent d'être exposées permettent d'émettre quelques conclusions que nous résumerons comme suit :

— L'efficacité du traitement — marquée par la réduction des taux d'arbres morts ou malades au cours du temps — est d'autant plus grande que celui-ci est appliqué plus précocement. Dans toute la mesure du possible, pour autant que le développement des individus soit normal, nous recommandons par conséquent de faire intervenir les inspections sanitaires dès l'âge de 2 ans de mise en place des hévéas.

— L'efficacité du traitement est d'autant plus marquée que la fréquence d'intervention des rondes sanitaires est plus élevée. En relation avec les résultats obtenus expérimentalement, nous pensons qu'il est souhaitable d'adopter *a priori* une fréquence de 4 mois dans tous les cas où l'infection du milieu est supposée importante. C'est ce qui peut être admis pour les plantations d'hévéas établies immédiatement après le défrichement d'une forêt primaire.

  L'espacement, adopté entre les rondes sanitaires, ne sera en tout cas jamais supérieur à 6 mois.

— Dans des plantations où règne une forte infection, les écarts obtenus dans la pathogénéité comparée des deux types de fréquence, 4 et 6 mois, marquent déjà un désavantage très net à l'adoption d'un espacement de 6 mois entre les rondes.

— Quant aux traitements espacés de 1 an, on peut les considérer pratiquement, dans un milieu fortement infecté, comme un abandon de la lutte contre les pourridiés.

  L'espacement des rondes à 1 an ne peut être envisagé, pensons-nous, que pour des contrôles en parcelles très peu infectées (hévéa succédant

à de longues jachères ou à des cultures peu susceptibles aux parasites radicicoles), ou encore à partir d'un âge de plantation qui correspond à une régression telle de l'incidence des pourridiés qu'on puisse la considérer désormais comme dépourvue de danger pour l'existence des hévéas. Ce serait notamment le cas pour des plantations âgées de plus de 10 ans qui ont subi régulièrement des traitements sanitaires fréquents et où l'on peut discerner la naissance d'un équilibre biologique entre les parasites et la culture.

Cet équilibre serait la résultante de plusieurs facteurs, notamment : le potentiel accru de résistance des hôtes à l'égard des parasites, l'épuisement progressif des foyers d'infection primaires, l'élimination systématique des cas pathologiques affectant les hévéas et aussi, probablement, la reconstitution d'un écoclimat assez proche de l'ambiance forestière naturelle pour favoriser l'état d'équilibre entre les parasites radicicoles d'une part et les organismes constituant la microflore du sol d'autre part.

4. - *MODALITES D'APPLICATION DE LA METHODE STANDARD.*

En vue de simplifier les travaux qu'impliquent les traitements sanitaires, et surtout de diminuer leur prix de revient, on a envisagé quelques modalités d'application parmi lesquelles il faut noter l'emploi exclusif du carbolineum comme fongicide.

L'utilisation des solutions de sulfate de cuivre, comme complément du traitement chirurgical, pose de graves problèmes dans beaucoup de plantations congolaises. Elle nécessite en effet un approvisionnement régulier en eau (souvent amenée par camions), un matériel spécial (récipients en bois ou munis de revêtements spéciaux) et beaucoup de main-d'œuvre. L'incidence des frais du traitement par les solutions cupriques représente enfin une part importante du prix de revient de la lutte contre les pourridiés.

Pour ces diverses raisons, on a tenté de préciser le rôle joué par le sulfate de cuivre dans la réduction de l'infection due aux pourridiés. Des essais systématiques, que nous avons créés récemment, doivent apporter prochainement une réponse précise à ce sujet.

Un premier essai, comparant l'action de 4 fongicides, nous a déjà fourni quelques données.

Les quatre objets suivants furent étudiés en quatre répétitions :

1. Huile de vidange.
2. Carbolineum à 20 % (solution).
3. $CuSO_4$ 6 % (solution).
4. $CuSO_4$ 2 % (solution).

Les produits mentionnés dans les trois premiers objets furent appliqués sur les parties traitées (badigeonnage après traitement chirurgical). Le quatrième objet est en fait le traitement standard, avec épandage de 5 litres

de solution de $CuSO_4$ à 2 % par arbre malade. Les observations ont commencé à l'âge de 2 ans et se sont poursuivies tous les 4 mois jusqu'à 4 ans d'âge des hévéas. A ce moment, des éclaircies sont intervenues qui nous ont obligé de ne conserver momentanément aux fins d'interprétation que les sept rondes précédant l'éclaircie sélective.

Dans les tableaux LXVII et LXVIII ci-après, nous donnons successivement les valeurs exprimant la décroissance du taux annuel d'occupation dans les divers objets et les indices de pathogénéité relevés de 2 à 6 ans d'âge.

Tableau LXVII. — Décroissance annuelle du taux d'occupation des divers objets étudiés

Période	Traitement			
	CuSO4 6 %	Huile de vidange	Carbolineum	CuSO4 2 %
2 à 3 ans	3,3	3,4	3,2	2,0
3 à 4 ans	4,6	4,0	3,7	2,1
Moyenne annuelle	4,0	3,7	3,5	2,1

Tableau LXVIII. — Indices de pathogénéité calculés de 2 à 6 ans pour les divers objets de l'essai

Traitement	Age				
	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans
$CuSO_4$ 2 % (standard)	4,0	6,7	14,7	13,2	9,6
$CuSO_4$ 6 %	5,6	7,6	16,4	18,9	14,7
Huile de vidange	2,3	8,4	10,6	8,4	5,6
Carbolineum	2,2	7,2	10,7	9,7	6,0

On notera dans le tableau LXVII la tendance marquée par le traitement standard à se révéler plus efficace dans la réduction des taux de mortalité imputables aux pourridiés.

Le traitement au carbolineum le suit immédiatement dans l'ordre décroissant des degrés d'efficacité.

L'analyse statistique des données objectives n'a cependant pas permis d'attribuer une signification aux écarts observés. L'examen des indices de pathogénéité ne laisse d'ailleurs apparaître aucun avantage marqué en faveur du traitement standard ($CuSO_4$ 2 %).

L'essai, à son stade actuel, ne permet donc pas de déceler un avantage évident à l'utilisation des solutions cupriques comme complément du traitement chirurgical.

5. - *CONSIDERATIONS SUR L'EFFICACITE DE LA METHODE DE LUTTE.*

L'efficacité de la méthode standard de lutte ayant été débattue, nous devons encore souligner l'intérêt de la modalité d'application constituée par le seul usage du carbolineum comme fongicide.

Outre le fait que son emploi est plus simple et plus économique que l'application de solutions cupriques, le carbolineum double son action fongicide [1] d'une remarquable capacité de favoriser la cicatrisation des plaies provoquées par le traitement chirurgical. Il contribue de ce fait à favoriser les réactions radiculaires qui aboutissent à la formation d'organes de remplacement.

L'absence d'écarts significatifs entre les deux fongicides (carbolineum et sulfate de cuivre) correspond à ce qui était logiquement prévisible. En effet, le fongicide est appliqué après le traitement chirurgical, lequel a déjà éliminé et les portions infectées des racines et les formations mycéliennes des parasites radicicoles. Ainsi, se trouve fortement réduit le rôle attendu du fongicide, qui est de détruire par contact le mycélium des champignons parasites. On peut avancer deux arguments qui expliquent l'absence d'action évidente du sulfate de cuivre sur l'efficacité du traitement :

1) les auteurs qui ont étudié le parasitisme de *Fomes lignosus* sont unanimes pour affirmer, sur la fois de nombreuses expériences, que des fragments mycéliens séparés de la source d'infection originale ne sont plus à même de parasiter un hôte avec lequel ils sont en contact;
2) les récents essais menés à Yangambi [2] ont prouvé que les rhizomorphes de *Fomes lignosus* se propageaient sans dommage, à partir d'une source d'infection, dans un milieu arrosé de solutions cupriques dont la concentration en produit utile était semblable à celle que nous admettons pour nos traitements en plantation.

Les résultats que nous avons acquis prouvent en fait que le traitement chirurgical qui accompagne le dégagement radiculaire est surtout responsable de l'efficacité reconnue de la méthode de lutte.

(1) Ce rôle du fongicide ne serait pas utile dans le cas d'un grattage très soigné, puisqu'il a été reconnu qu'un mycélium séparé de la masse ligneuse infectante n'est plus capable de parasiter un hôte.

(2) Laboratoire de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'INEAC (Rapport annuel pour l'exercice 1952, p. 83).

Cette dernière constatation est d'une portée énorme pour l'économie de la méthode de lutte à appliquer sur de grandes surfaces.

§ 2. - DIVERSES TECHNIQUES CULTURALES

Les résultats acquis dans nos diverses expériences ont mis en évidence l'action bénéficielle de certaines techniques culturales dont l'application entraîne une notable réduction des dégâts imputables aux pourridiés. On peut donc les considérer comme des procédés indirects de lutte contre les pourridiés de l'hévéa.

Les résultats d'observations ayant été précédemment détaillés, nous nous bornerons ici à en définir la portée pratique.

1. - *LE MODE DE PLANTATION ET LE CHOIX DU MATERIEL.*

Du mode de plantation dépend la rapidité du développement des hévéas. Toute méthode de plantation capable d'accroître la vigueur moyenne des sujets autorisera une intervention plus précoce des traitements, donc une plus grande efficacité de la méthode de lutte directe. Le semis en place avec technique de présélection, ou la plantation de stumps issus de pépinières soumises à une sélection précoce, constitueront donc les méthodes de plantation les plus efficaces pour contribuer à la lutte contre les maladies radiculaires.

A cet égard, la technique du greffage en place, bien que plus intéressante que la transplantation, s'avère nuisible sur le plan phytosanitaire pour deux raisons majeures :

1) Le recépage des sujets à 2 ans accroît leur réceptivité aux pourridiés (influence des mutilations, p. 197).
2) Comme conséquence du recépage, les greffes en place ne peuvent être dégagées avant l'âge de 4 ans, ce qui réduit fortement l'efficacité des traitements.

Dans le même ordre d'idées, le choix d'un matériel vigoureux s'impose (semenceaux ou porte-greffes) pour autoriser une lutte précoce.

2. - *LA DENSITE DE PLANTATION.*

Nous avons montré que des plantations d'hévéas, établies à forte densité sur défrichement forestier récent et soumises à un traitement sanitaire régulier, n'accusaient pas des taux de mortalité par pourridiés supérieurs à ceux que l'on enregistre dans des parcelles établies à densité initiale plus faible. Au contraire, les premières sont moins affectées que ces dernières par l'infection due aux pourridiés.

L'explication du phénomène observé réside dans les raisons suivantes :

1) La plantation à forte densité des hévéas permet une détection très rapide de la présence des foyers d'infection (1). Ces derniers, ainsi que les hévéas très malades et incurables, sont éliminés systématiquement dès le jeune âge.

2) L'état sanitaire des hévéas est pris comme critère d'élimination en même temps que la vigueur, pour la réalisation des premières éclaircies artificielles (2).

   Les éclaircies successives éliminent donc progressivement tous les cas d'infection grave des systèmes radiculaires et ne laissent subsister que les sujets particulièrement vigoureux, dont la capacité de régénération a été mise en évidence.

3) La plantation dense réduit fortement les taux d'individus mutilés (de 25 % dans des plantations à 300 arbres/ha, le taux d'individus mutilés par le vent est réduit à 5 % dans les parcelles denses de 700 arbres/ha) (3).

4) La plantation dense reconstitue rapidement un microclimat plus voisin de celui de la forêt initiale (4).

La meilleure occupation dans le temps des parcelles à forte densité initiale est donc le résultat des éliminations réalisées (1° et 2°) qui aboutit à une réduction nette de l'infection à partir d'un certain âge.

L'étendue des dégâts occasionnés par les pourridiés aux plantations à faible densité nous a amené à considérer la forte densité de plantation comme un procédé indirect de lutte contre les maladies radiculaires. En fait, cette technique culturale combinée à l'application de la méthode de lutte standard est la solution actuellement la plus recommandable pour autoriser une exploitation rationnelle et rentable des plantations d'hévéas établies après défrichement forestier.

3. - *LE PRECEDENT CULTURAL.*

Un choix judicieux du précédent cultural pour l'hévéa constitue, à n'en pas douter, la solution la plus simple, la plus économique et aussi la plus efficace du problème des pourridiés dans cette culture.

Par rapport à ce qui s'observe dans les plantations d'hévéas établies après forêt primaire, qui représentent le maximum d'infection possible, on obtient des taux de mortalité régulièrement décroissants au fur et à mesure de l'avancement en âge du défrichement. Un essai systématique a fourni,

---

(1) On utilise au fond l'hévéa comme plante indicatrice des sources d'infection dispersées dans le défrichement.

(2) On élimine évidemment en premier lieu les cas les plus graves d'infection du pivot qui sont les plus difficiles à guérir.

(3) La forte densité initiale agit sur la morphologie des couronnes, lesquelles ne subissent plus de dommages importants du fait des vents, même lorsque l'occupation est réduite aux normes imposées par l'exploitation (environ 500 arbres/ha).

(4) Cfr « Ecoclimatologie comparée de divers clones d'hévéas » par R. Pichel et E. Bernard. *Bull. agric. Congo belge*, 1948 (Comptes rendus de la conférence des sols de Goma).

pour des défrichements âgés de 1, 4 et 10 ans au moment de la plantation, des taux de mortalité annuels respectifs de 5, 3 et 1 % pour les cinq premières années de plantation. D'autres essais ont confirmé cette échelle de valeurs.

L'hévéa, qui est une essence peu exigeante, s'accomode fort bien de terrains précédemment dévolus à d'autres cultures (caféiers, palmiers *Elaeis*) arbustives notamment. Les techniques de présélection que nous avons mises au point ces dernières années permettent enfin d'assurer à ces plantations une productivité assez comparable à celle qui est normalement obtenue après forêt.

Si l'on ajoute qu'une méthode de lutte systématique ne se justifie plus dans de telles conditions, on conçoit que l'application d'un tel procédé cultural constitue la solution idéale pour lutter contre les pourridiés.

CHAPITRE II

ASPECT ÉCONOMIQUE DU PROBLÈME DE LA LUTTE CONTRE LES POURRIDIÉS

§ 1. - GÉNÉRALITÉS

Dans les pages qui précèdent, nous avons démontré l'efficacité de la méthode standard de lutte contre les pourridiés de l'hévéa, quels que soient les milieux culturaux considérés et la gravité de l'infection initiale.

L'application dans les plantations industrielles de cette méthode de lutte, dont l'efficacité est maintenant prouvée, est encore subordonnée à des considérations d'ordre économique qui devront établir la rentabilité de l'opération.

On conçoit qu'une méthode expérimentalement éprouvée sous l'angle de son efficacité puisse s'avérer parfois inapplicable dans la pratique lorsqu'on fait intervenir la notion de rentabilité.

C'est pour répondre à cette question que nous avons abordé ici le problème de la lutte contre les pourridiés sous son angle économique.

Nous devons préciser de suite la difficulté — pour ne pas dire l'impossibilité — d'apporter à ce problème une réponse unique qui soit valable pour toutes les plantations d'hévéas au Congo belge. On comprendra aisément que les exploitations situées dans les écoclimats particuliers au sein de l'aire très vaste dévolue à l'hévéaculture au Congo belge constituent autant de cas d'espèce qu'il convient d'étudier séparément à l'aide des éléments recueillis sur place et intéressant les seuls cas considérés.

Notre but se limitera donc ici, d'une part à souligner les principales variables qui peuvent affecter la rentabilité de la méthode de lutte et d'autre part à fournir des exemples pratiques, établis à partir des éléments recueillis à Yangambi, afin d'autoriser la discussion du problème de rentabilité dans des conditions déterminées. Il appartiendra à chaque exploitant, dont les plantations sont situées dans des régions différentes, de corriger les données issues de Yangambi à l'aide des éléments propres à leur milieu cultural.

A priori, le problème que pose la rentabilité du traitement paraît simple à résoudre. D'une part, on peut estimer le coût des traitements sanitaires et d'autre part chiffrer le gain de production qui en résulte endéans des périodes données.

En réalité, le problème n'est pas si simple. Nous affirmions, il y a un moment, qu'il était impossible d'apporter une solution générale au problème posé. On en jugera immédiatement par l'examen des facteurs de variabilité susceptibles d'influencer les deux éléments de base du problème : le prix de revient des traitements sanitaires et le gain de production qui résulte de l'application de ces traitements.

— *Le prix de revient du traitement.*

Cet élément essentiel du calcul de rentabilité de la méthode de lutte, va varier en fonction de divers facteurs dont nous citerons les principaux :

1) *le degré d'infection initial des plantations.*

L'infection potentielle d'un milieu de départ est pratiquement impossible à déterminer : elle varie notamment en fonction du précédent cultural, son maximum étant réalisé dans les conditions d'un défrichement forestier récent.

L'intensité avec laquelle peuvent sévir les parasites radicicoles dans une plantation d'hévéas est donc *a priori* imprévisible. La pathogénéité des organismes parasites peut elle-même varier en relation avec les méthodes culturales appliquées à la plantation.

On conçoit que dans des conditions de forte infection, lorsque le taux d'arbres affectés sera très élevé, la lutte deviendra plus onéreuse.

2) *la technique de plantation.*

Le mode d'établissement des hévéas est différent selon qu'il s'agit de semenceaux ou de greffes réalisées en place; dans ce dernier cas, nous avons vu que les traitements sanitaires doivent intervenir plus tardivement, donc dans des conditions d'infection plus grandes.

La densité de plantation joue également un grand rôle, notamment en augmentant le nombre d'individus à examiner.

3) *la main-d'œuvre indigène* (M.O.I.).

Selon la région considérée, on rencontre des races différentes dont les capacités et le rendement sont variables. Les salaires légaux et les charges sociales sont également différents selon les territoires.

Enfin, au sein d'un même groupement de travailleurs, l'échelle des salaires et le rendement peuvent varier fortement selon qu'il s'agit de travailleurs stables, spécialisés durant des années dans leur emploi, ou au contraire d'une main-d'œuvre issue de recrutements pour laquelle les charges financières sont élevées mais dont le rendement est généralement inférieur.

4) *les modalités d'application du traitement sanitaire.*

Le prix de revient du traitement peut fluctuer largement selon les facteurs suivants :

— précocité et fréquence des rondes sanitaires;

— application du simple traitement chirurgical ou du traitement complet. Dans ce dernier cas, le transport de l'eau nécessaire à la mise en solution du sulfate de cuivre intervient généralement dans le coût du traitement pour une fraction importante;
— importance du dégagement radiculaire réalisé.

5) *les conditions expérimentales ou industrielles.*

On conçoit que des calculs établis dans les conditions d'une station expérimentale amènent le plus souvent à des prix de revient qui sont supérieurs à ceux que l'on pourrait atteindre en conditions industrielles [1].

Pour les plantations industrielles elles-mêmes, l'importance variable des exploitations amène sur les prix de revient une incidence des frais généraux qui peut fluctuer dans des proportions non négligeables.

— *Le gain de production.*

Le gain de production (kg de caoutchouc sec) résultant de l'application des traitements sanitaires sera fonction :

1) du nombre d'arbres sauvés endéans des temps donnés, ou mieux du taux d'individus productifs maintenus à l'unité de surface. Il faut noter à ce propos que l'accroissement de production par ha n'est pas toujours une fonction linéaire de la densité d'occupation. Certains clones manifestent en effet des fluctuations importantes du potentiel productif individuel en fonction du taux d'occupation [2];
2) du moment auquel le traitement a sauvé les arbres de la mort. On conçoit qu'un arbre épargné dès le jeune âge représente, dans la production globale espérée d'une plantation, un rapport relativement plus important que celui d'un arbre âgé qui a déjà contribué pendant de longues années à cette production globale;
3) du nombre de malades qui sont guéris par les traitements sanitaires.

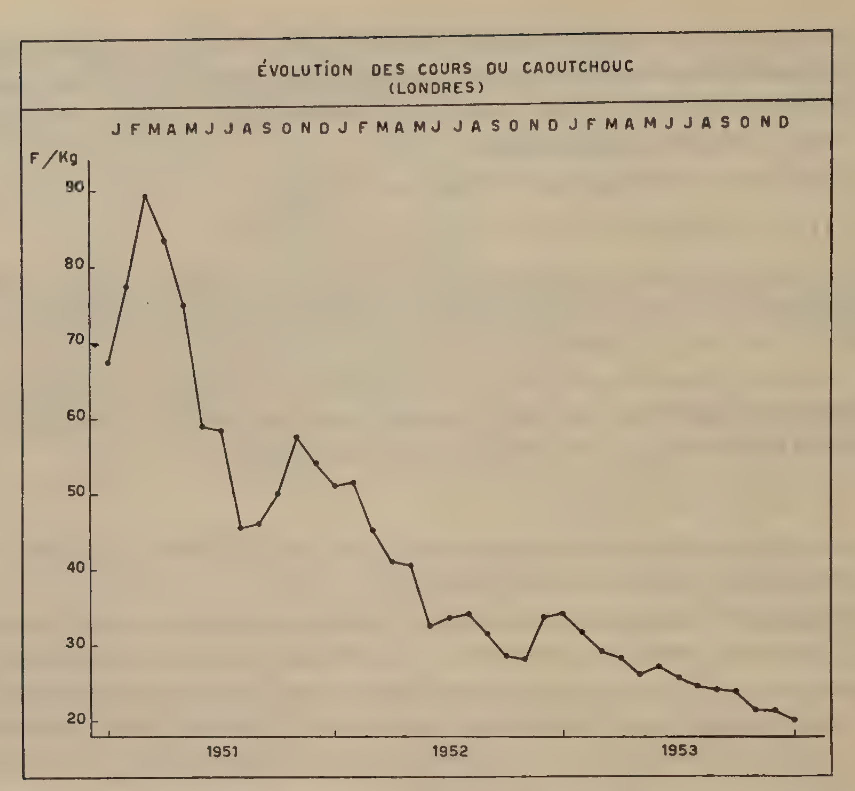
Enfin, la rentabilité de la méthode de lutte va dépendre d'un facteur essentiellement variable, qui est le prix de vente du kg de caoutchouc.

Outre le fait que le prix de revient du kg de caoutchouc sortant de l'usine peut varier dans de larges proportions du fait de diverses circonstances locales — parmi lesquelles on peut signaler : la M.O.I., l'état sanitaire des plantations, le matériel de plantation, les transports, l'usinage — la conjoncture économique fait varier les prix d'achat du caoutchouc dans des proportions parfois extraordinaires et souvent imprévisibles à longue échéance (graphique 28).

---

(1) En conditions expérimentales, la proportion de moniteurs et de clercs de bureau est plus élevée qu'en conditions industrielles. La participation européenne aux travaux d'observations et de surveillance est également plus importante que dans des plantations du type industriel.

(2) En pratique, dans les limites de l'échelle des densités adoptées pour l'hévéa au Congo belge, on peut dire que la productivité est le plus souvent une fonction linéaire de l'occupation par unité de surface.



Graphique 28. — Evolution des cours du caoutchouc durant ces trois dernières années.

Il ressort de ces diverses considérations que nous devrons nous fixer plusieurs bases théoriques pour l'estimation du prix de revient de la lutte contre les pourridiés dans des plantations d'hévéas.

Tant pour le calcul que pour l'estimation du gain de production engendré par l'effet des traitements, nous n'avons pas la prétention de fournir des chiffres exacts qui permettent de déduire avec certitude le bénéfice que laissera à un exploitant l'application de la méthode de lutte préconisée. Nous approcherons seulement le problème d'assez près pour pouvoir déduire, à partir d'exemples précis, des ordres de grandeur qui permettent d'apprécier l'applicabilité de la méthode dans des conditions bien déterminées.

§ 2. - ESTIMATION DU PRIX DE REVIENT DE LA MÉTHODE DE LUTTE « STANDARD YANGAMBI »

1. - *ORGANISATION DU TRAVAIL ET NORMES DE M.O.I. POUR DIVERS TRAVAUX.*

a) *Ouverture et traitement.*

Comme on le sait déjà, c'est une équipe d'ouvriers bien entraînés, sous la surveillance d'un capita, qui réalise à la fois l'ouverture des cuvettes au

pied des hévéas et le traitement chirurgical courant, soit le grattage ou l'ablation des racines malades ou l'excision de portions infectées des pivots.

Le marquage des arbres traités, au moyen de signes conventionnels, est réalisé par un ouvrier spécialisé qui a également un rôle de surveillance pour la bonne exécution des traitements chirurgicaux.

Le marquage correct des arbres malades revêt une grande importance puisqu'il sert à désigner les arbres à traiter au moyen des fongicides; il permet également le contrôle du travail réalisé et attire spécialement l'attention lors des rondes ultérieures sur les cas précédemment traités. C'est enfin le relevé de ces signes inscrits sur les arbres par le marqueur qui permet de chiffrer l'importance de l'infection sévissant dans une plantation. C'est dire que l'ouvrier chargé de ce travail doit être particulièrement digne de confiance. Dans la pratique industrielle, on pourrait confier ce rôle à un moniteur et simplifier les annotations, par exemple en recourant à deux signes seulement, permettant de caractériser le mal soit sur les racines soit sur le pivot.

Le badigeonnage au carbolineum des zones grattées, excisées ou blessées du système radiculaire est réalisé par le même ouvrier qui procède à la recharge des portions saines des racines traitées par ablation des parties malades.

Le traitement des arbres malades au moyen des solutions cupriques est réalisé par une équipe comprenant un préparateur de solutions aqueuses de $CuSO_4$ et un certain nombre de porteurs qui réalisent les épandages des solutions fongicides au pied des arbres désignés.

Un principe important qu'il faut appliquer dès le début dans l'organisation d'équipes chargées de rondes sanitaires, c'est la spécialisation des ouvriers qui vont participer aux divers travaux imposés par la méthode de lutte. L'efficacité maximum sera obtenue lorsque chaque travailleur indigène sera habitué à réaliser chaque jour les mêmes tâches devenues routinières.

Ce principe étant admis, on peut envisager comme suit la constitution des équipes sanitaires :

— 1 capita pour 30 travailleurs

— 1 marqueur pour 15 travailleurs (le marqueur surveille en même temps l'exécution des traitements chirurgicaux réalisés par ces 15 ouvriers)

— 1 travailleur pour le traitement au carbolineum, par groupe de 15 ouvriers

— 1 porteur de solutions cupriques par 80 arbres malades

— 1 préparateur de solutions aqueuses de sulfate de cuivre par groupe de 10 porteurs.

Ces proportions sont évidemment susceptibles de se modifier suivant les circonstances.

b) *Normes de M.O.I. pour l'ouverture et les traitements* [1].

1) Pour l'ouverture des cuvettes au pied des hévéas et le traitement chirurgical, on admet les normes suivantes à Yangambi :

Age du champ	Rayon moyen des cuvettes de dégagement	Nombre d'arbres par homme/jour
2 ans	20 à 25 cm	80
2 à 3 ans	25 à 35 cm	80 à 100
3 à 5 ans	40 à 50 cm	60 à 70
5 à 8 ans	55 à 75 cm	50 à 55
8 à 12 ans	80 à 100 cm	40 à 45

Ces données moyennes peuvent évidemment varier en fonction de diverses circonstances, notamment :

— le degré d'infection des champs traités; une forte infection amène une sensible réduction des tâches;

— la fréquence des rondes sanitaires; pour des rondes espacées d'un an, on admet une réduction des tâches de l'ordre de 15 à 20 %;

— le type de sol et les conditions climatiques.

2) Pour les traitements complémentaires à l'aide de fongicides, on admet les normes suivantes :

— badigeonnage et recharge des racines : 2 ha/homme/jour;

— préparation des solutions aqueuses de $CuSO_4$: 3.000 à 4.000 litres/homme/jour;

— broyage de cristaux de $CuSO_4$: 300 kg/homme/jour (le même ouvrier peut assurer le pompage de l'eau);

— transport et épandage des solutions de $CuSO_4$: 80 arbres/homme/jour, soit 400 litres/homme/jour.

2. - *ELEMENTS DESTINES A L'ETABLISSEMENT DU PRIX DE REVIENT DE L'HOMME/JOUR.*

Nous envisagerons ici, non seulement les dépenses intéressant le seul travailleur indigène, mais aussi l'intervention du prix des outils, du matériel et de la surveillance indigène et européenne. Nous calculerons ainsi, pour les deux catégories de travailleurs formant une équipe sanitaire, un prix de revient de la journée de travail qui intégrera les divers éléments précités.

a) *Estimation du salaire journalier de l'ouvrier indigène.*

Dans les conditions de Yangambi, on a estimé le prix de revient moyen de la journée de travailleur agricole ordinaire à 30 F. Cette estimation de 30 F par jour tient compte des éléments suivants : salaire, rations hebdoma-

(1) Toutes les normes fournies ici sont des données moyennes issues des observations portant sur l'utilisation de la M.O.I. dans tous les champs en traitement à Yangambi depuis plusieurs années.

daires, allocations familiales, primes d'engagement et de fin de carrière, couverture, logement, frais médicaux, frais de voyage ou de mutation et de logement.

b) *Valeur des outils remis aux travailleurs et durée d'amortissement.*

Chacun des travailleurs préposés aux travaux d'ouverture et de traitements chirurgicaux est muni des divers outils suivants : une bêche, un déplantoir, une machette et une hache.

Voyons quelle est l'incidence du coût de ce matériel sur le prix de revient de la journée de travailleur.

Outil	Prix unitaire (achat Congo) en F	Durée d'amortissement	Nombre d'outils nécessaires par homme et par an	Valeur globale (en F)
Bêche	60	6 mois	2	120
Déplantoir	15	4 mois	3	45
Machette	24	1 an	1	24
Hache	50	2 ans	1/2	25
			Total :	214

Soit, par journée de travail : $\frac{214}{300} = 0{,}70$ F.

Nous considérons donc l'incidence du prix de revient de l'outillage sur la journée de travail comme étant de 0,70 F pour chacun des 300 jours ouvrables de l'année.

c) *Coût du matériel en usage pour la réalisation des traitements.*

Nous songeons ici aux divers récipients utilisés pour le transport de l'eau, la préparation des solutions cupriques et leur épandage sur les systèmes radiculaires des arbres malades (1). Voyons la répartition de ce matériel par homme/jour :

Matériel	Prix unitaire (en F)	Durée d'amortissement	Norme d'utilisation	Quantité nécessaire par homme/an	Valeur (en F)
Seaux en bois (transport du $CuSO_4$ et du carbolineum)	40	4 mois	3 seaux homme/an	3	120
Tonneaux en bois (solution de $CuSO_4$)	150	1 an	2/10 hommes/an	0,2	30
Fûts métalliques de 200 l (transport d'eau)	110	1 an	4/homme/an	4	440
				Total :	590

(1) On sait que les solutions de CuSO4 sont corrosives sur la plupart des métaux en usage pour la fabrication des récipients. Nous utilisons donc des récipients en bois pour la préparation des solutions (dissolution à chaud) et pour leur transport jusqu'aux arbres malades. On peut envisager également l'usage de récipients métalliques garnis d'un enduit protecteur adéquat contre l'action des acides forts.

Soit, par journée de travailleur : $\frac{590}{300} = 1,97$ F.
que nous arrondissons à 2 F.

d) *Répartition de la surveillance européenne sur la M.O.I.*

Nous admettons le cas d'un agent européen de plantation qui surveille 100 travailleurs indigènes et consacre les 2/3 de son activité au service sanitaire. L'incidence du coût de la surveillance européenne sur le prix de la journée du travailleur indigène peut s'estimer à

$$\frac{450.000 \times 2}{100 \times 300 \times 3} = 10 \text{ F/homme/jour.}$$

e) *Répartition de la surveillance du capita et du contrôleur sur la M.O.I.*

Nous avons précisé antérieurement que deux contrôleurs-marqueurs et un capita étaient nécessaires pour superviser efficacement une équipe de 30 travailleurs. En estimant à 11.000 F la rémunération annuelle des contrôleurs et à 18.500 F celle du capita, nous pouvons estimer comme suit la répartition par homme/jour de la surveillance exercée par le personnel indigène :

$$\frac{(11.000 \times 2) + 18.500}{300 \times 30} = 4,50 \text{ F/homme/jour.}$$

3. - *PRIX DE REVIENT GLOBAL DE LA JOURNEE DE TRAVAILLEUR.*

A partir des divers éléments établis précédemment, il est aisé de déterminer le prix de revient global de la journée du travailleur indigène, et ce, pour chacune des deux catégories d'ouvriers, soit les préposés à l'ouverture et au traitement chirurgical d'une part et les préposés aux traitements chimiques d'autre part.

— Coût par homme/jour de l'ouverture et du traitement chirurgical :

Salaire journalier	30,00 F
Amortissement de l'outillage	0,70 F
Surveillance européenne	10,00 F
Surveillance indigène	4,50 F
Total :	45,20 F

— Coût par homme/jour des traitements fongicides :

Salaire journalier	30,00 F
Amortissement du matériel	2,00 F
Surveillance européenne	10,00 F
Surveillance indigène	4,50 F
Total :	46,50 F

4. - ESTIMATION DU COUT DES TRAITEMENTS POUR DIVERSES CATEGORIES D'ARBRES.

Nous avons souligné précédemment les difficultés d'établir un prix de revient moyen de la méthode de lutte appliquée contre les pourridiés, étant donné les multiples facteurs de variabilité qui interviennent et qui contribuent à faire de chaque plantation donnée un cas particulier.

Nous avons donc préféré, en première analyse, établir le prix de revient de la méthode de lutte par arbre observé, et ce, en fonction de son état sanitaire. Nous envisagerons successivement le prix de revient — calculé pour des groupes de 100 arbres — du traitement des malades, du dégagement des arbres sains, de l'extirpation des arbres morts sur pied et de deux modalités d'application du traitement, avec ou sans application de solutions aqueuses de sulfate de cuivre. Cette méthode permet de calculer le prix de revient de la lutte dans n'importe quelle plantation de la région considérée dès qu'on dispose d'un relevé sanitaire donnant les proportions d'individus malades, sains et morts sur pied (1).

Nous donnerons d'ailleurs plus loin deux exemples pratiques de calcul du prix de revient de la méthode de lutte, appliquée suivant deux modalités différentes (avec et sans utilisation de solutions de $CuSO_4$) dans une même plantation-type d'hévéas dont les caractéristiques seront bien définies.

a) *Estimation du coût du traitement de 100 arbres malades.*

Dans le cas présent, nous envisagerons le traitement portant sur les seuls arbres malades, et sur lesquels on réalise donc un dégagement, un traitement chirurgical et des applications de produits fongicides (carbolineum et sulfate de cuivre).

Il faut noter encore que les normes moyennes intéressant la réalisation de ces travaux sont inférieures à ce qui fut donné précédemment (p. 406) pour l'ensemble d'une population comprenant tous les états sanitaires possibles.

Dans le cas présent, les normes du dégagement et du traitement chirurgical sont les suivantes :

Age du champ	Nombre d'arbres par homme/jour
2 ans	65
2 à 3 ans	65
3 à 5 ans	40
5 à 7 ans	35
7 à 10 ans	25

(1) Dans le cas présent, nos calculs des prix de revient pour chacune des catégories d'individus précitées permettent d'établir le coût du traitement pour les diverses plantations de la région de Yangambi d'où sont issues les données de base du calcul. Il est évident que les calculs de base seront à refaire dans chaque région différente du Congo belge où les prix de revient de la M.O.I. et de l'outillage seront différents.

Tableau LXIX. – Coût du traitement standard appliqué aux hévéas malades (calculé en F par 100 arbres, et par arbre pour chaque ronde)

Elément considéré	Normes	Quantité nécessaire	Valeur unitaire (en F)	Nombre d'opérations	Valeur totale (en F)	Valeur par arbre et par ronde (en F)
Première ronde sanitaire (2 ans)						
(1) Ouverture 100 arbres	65 hévéas/homme/jour	1,5 homme/jour	45,20	1	67,80	—
Sulfate de cuivre en cristaux	100 g/hévéa	10 kg	12,00	1	120,00	—
Mise en solution du $CuSO_4$	3000 l/homme/jour	500 l ou 0,2 homme/jour	46,50	1	9,30	—
Epandage de $CuSO_4$ en solution à 2 %	80 hévéas/homme/jour	1,2 homme/jour	46,50	1	55,80	—
Badigeonnage au carbolineum	100 hévéas/homme/jour	1,0 homme/jour	46,50	1	46,50	—
Carbolineum (solution à 5 %)	1/4 l/hévéa	1,25 l	10	1	12,50	—
				Total :	311,90	3,11
Deuxième et troisième rondes (2 ans 4 mois à 2 ans 8 mois)						
Ouverture 100 arbres	65 hévéas/homme/jour	1,5 homme/jour	45,20	2	135,60	—
Traitements (id. première ronde)	—	—	—	2	488,20	—
				Total :	623,80	3,11
Quatrième à neuvième rondes (3 ans à 4 ans 8 mois)						
Ouverture 100 arbres	40 hévéas/homme/jour	2,5 homme/jour	45,20	6	678,00	—
Traitements (id. première ronde)	—	—	—	6	1.464,60	—
				Total :	2.142,60	3,57
Dixième à seizième rondes (5 à 7 ans)						
Ouverture 100 arbres	35 hévéas/homme/jour	2,85 homme/jour	45,20	7	901,75	—
Traitements (id. première ronde)	—	—	—	7	1.708,70	—
				Total :	2.610,45	3,73
Dix-septième à vingt-deuxième rondes (7 ans 6 mois à 10 ans)						
Ouverture 100 arbres	25 hévéas/homme/jour	4 homme/jour	45,20	6	1.084,80	—
Traitements (id. première ronde)	—	—	—	6	1.464,60	—
				Total :	2.549,40	4,24

Tableau LXX. – Coût de l'ouverture des cuvettes pour 100 arbres sains

Opération réalisée	Normes de M.O.I. (hévéa/homme/jour)	Hommes/jour nécessaires	Valeur unitaire (en F)	Nombre d'opérations	Valeur totale (en F)	Valeur par arbre et par ronde (en F)
Première ronde sanitaire (2 ans) Ouverture des cuvettes (100 arbres)	80	1,25	45,20	1	56,50	0,56
Deuxième et troisième rondes (2 ans 4 mois à 2 ans 8 mois) Ouverture des cuvettes (100 arbres)	100	1,00	45,20	2	90,40	0,45
Quatrième à neuvième rondes (3 à 4 ans 8 mois) Ouverture des cuvettes (100 arbres)	70	1,40	45,20	6	379,70	0,63
Dixième à seizième rondes (5 à 7 ans) Ouverture des cuvettes (100 arbres)	55	1,80	45,20	7	569,50	0,81
Dix-septième à vingt-deuxième rondes (7 ans 6 mois à 10 ans) Ouverture des cuvettes (100 arbres)	50	2,00	45,20	6	542,40	0,90

Tableau LXXI. – Coût de l'extirpation de 100 arbres morts

Opération réalisée	Normes de M.O.I. (hévéa/homme/jour)	Hommes/jour nécessaires	Valeur unitaire (en F)	Nombre d'opérations	Valeur totale (en F)	Valeur par arbre et par ronde (en F)
Première à troisième rondes (2 à 2 ans 8 mois)						
Extirpation-débitage 100 arbres	25	4,0	45,20	3	542,40	—
Traitement au $CuSO_4$	—	—	185,10	3	555,30	—
				Total :	1.097,70	3,66
Quatrième à neuvième rondes (3 à 4 ans 8 mois)						
Extirpation-débitage 100 arbres	15	6,6	45,20	6	1.789,90	—
Traitement au $CuSO_4$	—	—	185,10	6	1.110,60	—
				Total :	2.900,50	4,83
Dixième à seizième rondes (5 à 7 ans)						
Extirpation-débitage 100 arbres	10	10,0	45,20	7	3.164,00	—
Traitement au $CuSO_4$	—	—	185,10	7	1.295,70	—
				Total :	4.459,70	6,37
Dix-septième à vingt-deuxième rondes (7 ans 6 mois à 10 ans)						
Extirpation-débitage 100 arbres	8	12,5	45,20	6	3.390,00	—
Traitement au $CuSO_4$	—	—	185,10	6	1.110,60	—
				Total :	4.500,60	7,50

Nous avons résumé dans le tableau LXIX les divers éléments de calcul du prix de revient d'un traitement appliqué aux seuls arbres malades d'une plantation. Nous supposons que les rondes sanitaires sont réalisées suivant une fréquence régulière de 4 mois jusque 7 ans, moment à partir duquel la fréquence des passages est portée à 6 mois jusque 10 ans.

Dans cet exemple, aussi bien que dans ceux qui suivront, nous partons du principe qu'une lutte méthodique menée dès d'âge de 2 ans pourra être abandonnée à 10 ans révolus. Pour des cas où une intervention des soins sanitaires se justifierait au delà de 10 ans d'âge d'une plantation, on pourrait, sans grand risque d'erreur, calculer son prix de revient sur la base de 4,25 F par arbre malade. Ces données intéressent, bien entendu, des plantations situées dans la région de Yangambi.

b) *Estimation du coût du dégagement de 100 arbres sains.*

Dans le cas des arbres sains, il est évident que les seuls frais entraînés par l'application de la méthode de lutte sont imputables à l'ouverture des cuvettes de dégagement au pied des hévéas.

Dans le tableau LXX, nous avons groupé les valeurs du prix de revient de ce travail, calculées entre 2 et 10 ans de plantation.

c) *Prix de revient de l'extirpation de 100 arbres morts.*

Nous considérons maintenant le cas des hévéas trouvés morts sur pied des suites de pourridiés ou encore des arbres attaqués à un degré tel qu'on peut les considérer comme intraitables. Ces arbres sont extirpés avec une partie de leur pivot ([1]) et des grosses racines latérales accessibles dans les limites du dégagement réalisé. Les racines malades sont seules extirpées sur une plus grande longueur.

Les emplacements des arbres ainsi extirpés sont désinfectés au moyen d'un épandage de sulfate de cuivre en solution (5 l de solution à 2 % par emplacement).

On trouvera au tableau LXXI l'échelle des valeurs du prix de revient de ces opérations entre 2 et 10 ans de plantation.

La rubrique « traitement au $CuSO_4$ » qui est prévue dans ce tableau intéresse les éléments suivants : prix du sulfate de cuivre, coût de la mise en solution et de l'épandage (cfr tableau LXIX).

d) *Coût du traitement de 100 arbres malades sans application de sulfate de cuivre,*

Une des modalités d'application de la méthode de lutte contre les pourridiés peut consister à réaliser les dégagements radiculaires, le traitement chirurgical et le traitement au carbolineum.

(1) Le pivot n'est guère enlevé que sur une profondeur de plus ou moins 50 cm. Une extirpation totale serait trop coûteuse. Enfin, les probabilités d'accroître l'infection en laissant ces débris dans le sol sont relativement faibles en regard de la masse considérable de débris ligneux laissés dans le sol par le défrichement de la forêt primaire.

Nous avons consigné dans le tableau LXXII les prix de revient de cette méthode entre 2 et 10 ans de plantation.

Tableau LXXII. — Coût du traitement de 100 arbres malades sans application de sulfate de cuivre

Période	Valeur globale (en F)	Valeur par arbre et par ronde (en F)
Première ronde (2 ans)	126,80	1,27
Deuxième et troisième rondes (2 ans 4 mois et 2 ans 8 mois)	253,60	1,27
Quatrième à neuvième rondes (3 à 4 ans 8 mois)	1.032,00	1,72
Dixième à seizième rondes (5 à 7 ans)	1.314,75	1,88
Dix-septième à vingt-deuxième rondes (7 ans 6 mois à 10 ans)	1.438,80	2,40

e) *Coût de l'extirpation de 100 arbres morts sans application de sulfate de cuivre.*

Le tableau LXXIII fournit les nouvelles valeurs du prix de revient, calculées pour cette modalité de traitement des arbres morts.

5. - *CALCUL DU PRIX DE REVIENT DE LA METHODE DE LUTTE.*

Tous les éléments précédemment calculés vont nous permettre d'établir le prix de revient de la méthode de lutte, suivant deux modalités différentes, dans une plantation d'hévéas en observation depuis l'âge de 2 ans.

Nous prenons, comme exemple, une plantation âgée de 10 ans, dans laquelle on a créé des parcelles témoins à côté des parcelles soumises à un traitement régulier contre les pourridiés. L'occupation par ha était pratiquement semblable dans les deux types de parcelles : on avait 410 hévéas/ha en parcelles témoins, avant la réalisation de la première ronde sanitaire et 406 hévéas/ha au même moment dans les parcelles désignées pour subir le traitement standard.

Tableau LXXIII. — Coût de l'extirpation de 100 arbres morts sans utilisation de sulfate de cuivre

Période	Valeur globale (en F)	Valeur par arbre et par ronde (en F)
Première à troisième rondes (2 à 2 ans 8 mois)	542,40	1,81
Quatrième à neuvième rondes (3 à 4 ans 8 mois)	1.789,90	2,98
Dixième à seizième rondes (5 à 7 ans)	3.164,00	4,52
Dix-septième à vingt-deuxième rondes (7 ans 6 mois à 10 ans)	3.390,00	5,65

Tableau LXXIV. – Évolution comparée de l'occupation par ha en parcelles témoins et traitées et prix de revient du traitement standard Yangambi

Age	CHAMPS TEMOINS	CHAMPS TRAITES										
			Arbres malades			Arbres sains			Arbres morts			Coût total du traitement (en F)
	Nombre arbres par ha	Nombre arbres par ha	Nombre	Prix unitaire (en F)	Coût du traitement (en F)	Nombre	Prix unitaire (en F)	Coût du traitement (en F)	Nombre	Prix unitaire (en F)	Coût du traitement (en F)	
2 ans	409	404	39	3,11	121,30	365	0,56	204,40	2	3,66	7,30	333,00
2 ans 4 mois	403	400	39	3,11	121,30	361	0,45	162,45	4	3,66	14,65	298,40
2 ans 8 mois	398	395	41	3,11	127,50	354	0,45	159,30	5	3,66	18,30	305,10
3 ans	394	393	42	3,57	149,95	351	0,63	221,10	2	4,83	9,65	380,70
3 ans 4 mois	387	388	50	3,57	178,50	338	0,63	212,90	5	4,83	24,15	415,55
3 ans 8 mois	379	384	56	3,57	199,90	328	0,63	206,60	4	4,83	19,30	425,80
4 ans	372	380	32	3,57	114,25	348	0,63	219,20	4	4,83	19,30	352,75
4 ans 4 mois	368	374	29	3,57	103,50	345	0,63	217,35	6	4,83	29,00	349,85
4 ans 8 mois	363	369	22	3,57	78,55	347	0,63	218,60	5	4,83	24,15	321,30
5 ans	359	366	16	3,73	59,70	350	0,81	283,50	3	6,37	19,10	362,30
5 ans 4 mois	350	363	22	3,73	82,10	341	0,81	276,20	3	6,37	19,10	377,40
5 ans 8 mois	342	360	14	3,73	52,20	346	0,81	280,30	3	6,37	19,10	351,60
6 ans	333	358	24	3,73	89,50	334	0,81	270,50	2	6,37	12,75	372,75
6 ans 6 mois	314	356	53	3,73	197,70	303	0,81	245,40	2	6,37	12,75	455,85
7 ans	294	350	57	3,73	212,60	293	0,81	237,30	6	6,37	38,20	488,10
7 ans 6 mois	281	348	61	4,24	258,60	287	0,90	258,30	2	7,50	15,00	531,90
8 ans	270	346	30	4,24	127,20	316	0,90	284,40	2	7,50	15,00	426,60
8 ans 6 mois	257	343	20	4,24	84,80	323	0,90	290,70	3	7,50	22,50	398,00
9 ans	240	340	20	4,24	84,80	320	0,90	288,00	3	7,50	22,50	395,30
9 ans 6 mois	224	335	18	4,24	76,30	317	0,90	285,30	5	7,50	37,50	399,10
10 ans	207	332	19	4,24	80,60	313	0,90	281,70	3	7,50	22,50	384,80
			704		2.600,85			5.103,50	74		421,80	8.126,15

Remarques :

Les taux annuels moyens de mortalité étaient de 6,2 et 2,2 % respectivement pour les champs témoins et les champs en traitement.

Les arbres trouvés morts lors de chaque ronde sanitaire sont extirpés et leur emplacement est désinfecté au $CuSO_4$ en solution. Il est donc logique de faire intervenir les frais afférents à ces arbres morts dans le coût total du traitement.

Dans le coût total du traitement, nous ne faisons pas intervenir ici le coût du transport de l'eau.

Les rondes sanitaires furent appliquées tous les 4 mois de 2 à 6 ans et tous les 6 mois de 6 à 10 ans.

a) *Prix de revient de la méthode de lutte standard.*

Nous avons groupé dans le tableau LXXIV les diverses données précisant, pour chaque âge donné, l'occupation par ha dans chacune des deux séries de parcelles, témoins et traitées, et en même temps le coût du traitement appliqué dans ces dernières.

L'exemple choisi au tableau LXXIV est tout à fait classique; ce sont des champs plantés à 500 hévéas greffés/ha, comportant encore ± 350 individus lors de la mise en exploitation.

On note dans ce cas que le coût du traitement sanitaire s'est élevé à 8.126,15 F par ha, pour la période considérée de 2 à 10 ans.

On n'a pas tenu compte, dans le calcul de ce prix de revient, du coût du transport de l'eau nécessaire à la mise en solution du sulfate de cuivre. Les conditions de transport et les distances à parcourir sont très variables selon la localisation des champs à traiter.

Pour l'ensemble des traitements, appliqués de 2 à 10 ans dans l'exemple fourni, il a fallu un apport de quelque 4.500 litres d'eau ([1]), soit le transport de 5 tonnes en comptant le poids des fûts d'une contenance de 200 litres.

En estimant la tonne kilométrique à 7 F et un parcours moyen de 10 km à l'aller et au retour (20 km au total), le coût du transport de l'eau se serait élevé à 700 F.

Le coût global du traitement par ha s'établit donc actuellement à 8.126,15 F + 700 F = 8.826 F environ.

Il faut encore tenir compte de l'intérêt du capital investi dans ce traitement.

Nous avons considéré pour ce faire des tranches annuelles d'investissement, comprenant les frais entraînés par les rondes sanitaires de chaque année considérée et la quote part du coût des transports d'eau (87,50 F par an).

Tous nos calculs étant basés sur une plantation exploitée jusque 15 ans ([2]), on a admis que la tranche du capital investie de 2 à 3 ans de plantation était placée à intérêts composés pendant 13 ans. La seconde tranche, investie de 3 à 4 ans, est placée à intérêts pendant 12 ans, et ainsi de suite.

Si on admet un taux d'intérêt de 3,5 % par an, le capital investi représente *in fine* une somme de 12.422,50 F à l'âge de 15 ans de la plantation.

---

(1) En réalité, la quantité nécessaire est de 3.900 litres (704 malades + 74 morts = 778 individus à traiter chacun avec 5 litres de solution). Nous avons admis 4.500 litres afin de prévoir les coulages inévitables (à peu près 15 %).

(2) Nous ne disposons pas encore de données de productivité issues de plantations âgées de 15 à 20 ans. Nous nous en sommes donc tenus à l'étude économique du problème jusque 15 ans d'âge, soit après 10 ans de saignée effective.

Cette somme est, dans le cas présent, à amortir sur 10 années de saignée, ce qui représente une incidence de 1.242,25 F de frais par ha par année de saignée.

b) *Modalité d'application du traitement sans sulfate de cuivre.*

L'une des modalités les plus courantes d'application de la méthode de lutte consiste à ne pas utiliser les solutions de sulfate de cuivre comme complément du traitement chirurgical et du badigeonnage au carbolineum. Cette modalité permet non seulement de réduire le coût des traitements, mais encore d'éviter les multiples inconvénients que présente l'organisation des transports d'eau dans la plupart des plantations. Enfin, les résultats expérimentalement acquis jusqu'ici ne font pas ressortir, en faveur du traitement au sulfate de cuivre, un avantage suffisamment net pour continuer à préconiser son utilisation comme fongicide.

Nous avons consigné dans le tableau LXXV les données qui ont permis de calculer le prix de revient de cette modalité d'application du traitement contre les pourridiés. L'estimation en est faite sur la même plantation-type déjà reprise dans l'exemple précédent (tableau LXXIV).

Tableau LXXV. — Prix de revient du traitement sans application de solutions cupriques

Age	Coût du traitement arbres sains (en F)	Arbres malades			Arbres morts			Coût total du traitement (en F)
		Nombre	Prix unitaire (en F)	Coût du traitement (en F)	Nombre	Prix unitaire (en F)	Coût du traitement (en F)	
2 ans	204,40	39	1,27	49,50	2	1,81	3,60	257,50
2 ans 4 mois	162,45	39	1,27	49,50	4	1,81	7,25	219,20
2 ans 8 mois	159,30	41	1,27	52,10	5	1,81	9,05	220,45
3 ans	221,10	42	1,72	72,25	2	2,98	5,95	299,30
3 ans 4 mois	212,90	50	1,72	86,00	5	2,98	14,90	313,80
3 ans 8 mois	206,60	56	1,72	96,30	4	2,98	11,90	314,80
4 ans	219,20	32	1,72	55,05	4	2,98	11,90	286,15
4 ans 4 mois	217,35	29	1,72	49,90	6	2,98	17,90	285,15
4 ans 8 mois	218,60	22	1,72	37,85	5	2,98	14,90	271,35
5 ans	283,50	16	1,88	30,10	3	4,52	13,55	327,15
5 ans 4 mois	276,20	22	1,88	41,35	3	4,52	13,55	331,10
5 ans 8 mois	280,30	14	1,88	26,30	3	4,52	13,55	320,15
6 ans	270,50	24	1,88	45,10	2	4,52	9,05	324,65
6 ans 6 mois	245,40	53	1,88	99,65	2	4,52	9,05	354,10
7 ans	237,30	57	1,88	107,15	6	4,52	27,10	371,55
7 ans 6 mois	258,30	61	1,88	114,70	2	4,52	9,05	382,05
8 ans	284,40	30	2,40	72,00	2	5,65	11,30	367,70
8 ans 6 mois	290,70	20	2,40	48,00	3	5,65	16,95	355,65
9 ans	288,00	20	2,40	48,00	3	5,65	16,95	352,95
9 ans 6 mois	285,30	18	2,40	43,20	5	5,65	28,25	356,75
10 ans	281,70	19	2,40	45,60	3	5,65	16,95	344,25
	5.103,50			1.269,60			282,65	6.655,75

Le coût total du traitement, tel qu'il est établi au tableau LXXV, s'élève donc à 6.655,75 F par ha entre 2 et 10 ans de plantation.

Nous avons estimé un placement de ce capital à intérêts composés (3,5 % par an) suivant la même technique déjà décrite ci-dessus. On arrive dans ce cas à une somme de 9.146,85 F, représentant l'investissement consenti pour la lutte.

Ceci nous donne un amortissement de 914,70 F par ha et par année de saignée (10 ans de saignée de 5 à 15 ans d'âge de la plantation).

Nous noterons qu'il existe entre les deux modalités de traitement, une sensible différence de 327,55 F d'amortissement par ha et par année de saignée.

§ 3. - ESTIMATION DU GAIN DE PRODUCTION IMPUTABLE A L'ACTION DU TRAITEMENT

1. - *CALCUL THEORIQUE.*

Dans l'exemple figuré au tableau LXXIV, nous avons vu que le résultat de l'investissement consenti pour l'application de la méthode de lutte avait été le maintien d'une occupation à l'hectare de 332 arbres dans les parcelles soumises au traitement, contre 207 seulement dans les témoins. Si on analyse l'évolution de la mortalité dans les deux types de parcelles, on observe le rythme suivant de disparition :

Période considérée	Témoin	Traité	Ecart en faveur du traitement
2 à 5 ans	51	40	11
5 à 6 ans	26	8	18
6 à 7 ans	39	8	31
7 à 8 ans	24	4	20
8 à 9 ans	30	6	24
9 à 10 ans	33	8	25
	203	74	129

On note que c'est après la date de mise en saignée (5 ans) que les nombres d'arbres sauvés par le traitement deviennent importants.

On peut tenter d'estimer le rapport fourni par ces arbres sauvés. L'estimation en est assez difficile du fait de l'intervention des facteurs de variabilité suivants :

1) l'effet de la densité de plantation sur la production individuelle. Dans les parcelles témoins où subsistent 207 arbres/ha, on notera, pour certains clones du moins, une tendance à l'accroissement de la production individuelle par rapport à ce qui sera observé dans les parcelles maintenues à 332 individus par ha [1];

(1) Cet accroissement du rendement individuel n'est cependant jamais assez important pour combler le déficit de production qui s'établit dans les témoins par rapport aux champs traités, maintenus à une densité plus élevée.

2) la densité plus faible des parcelles témoins entraîne un taux plus élevé de chablis parmi les arbres de ces parcelles, ce qui réduit davantage la production globale tout en favorisant, jusqu'à un certain point, un accroissement relatif de la production individuelle pour les arbres normaux;
3) un taux parfois fort variable de B.B.B. va affecter les deux types de parcelles, de sorte que tous les arbres existants ne seront pas nécessairement productifs.

On voit donc que l'estimation de la production globale de l'une et l'autre plantations à divers âges considérés ne peut se réaliser que sur la base de plusieurs hypothèses portant sur l'origine du matériel, la densité de plantation, la réceptivité des hévéas au B.B.B. et leur sensibilité au chablis.

Ainsi, nous avons préféré exprimer théoriquement ce que peuvent rapporter les arbres sauvés par le traitement en fonction de la période de production qui leur reste à couvrir. Nous nous sommes enfin basés sur un clone très répandu, du type Tj 16, dont les normes de production dans la région de Yangambi sont bien connues de 5 à 15 ans de plantation.

On conçoit que le fait de sauver des arbres dans le jeune âge revêt une importance beaucoup plus grande, sous l'angle de la rentabilité espérée d'une plantation, que la guérison intervenant à un âge avancé.

En reprenant les nombres d'arbres sauvés par le traitement au cours des diverses périodes déjà considérées d'une part et en se basant sur la production individuelle moyenne d'un clone bien connu du type Tj 16 d'autre part, on arrive à la constitution du tableau LXXVI qui exprime le gain théorique de production acquis par le traitement appliqué de 2 à 10 ans d'âge de la plantation.

Tableau LXXVI. — Calcul théorique du gain de production entraîné par l'application du traitement de 2 à 10 ans

Arbres sauvés		Année de production des arbres sauvés	Production individuelle moyenne pour la période considérée (en cm3)	Production estimée en kg de caoutchouc sec
Période considérée (1)	Nombre par ha (2)	(3)	(4)	(5)
2 - 5 ans	11	10	74,5	389,5
5 - 6 ans	18	9	77,5	596,5
6 - 7 ans	31	8	80,5	948,5
7 - 8 ans	20	7	84,0	559,0
8 - 9 ans	24	6	88,0	602,0
9 - 10 ans	25	5	88,5	525,5
	129			3.621,0

Commentaires au tableau LXXVI.

Colonne 1 : la première période considérée, de 2 à 5 ans, intéresse l'application du traitement au cours de trois années qui précèdent la mise en exploitation des hévéas.

Colonne 2 : c'est le nombre d'arbres sauvés à chacune des périodes considérées dans la première colonne.

Colonne 3 : il s'agit du nombre d'années pendant lesquelles les arbres sauvés à une période déterminée contribueront à la production globale. Nous avons estimé ici que la plantation serait en pleine productivité jusqu'à 15 ans d'âge, ce qui donne 10 années de saignée (entre 5 et 15 ans de plantation). On part également du principe que le traitement, minutieusement appliqué de 2 jusqu'à 10 ans de plantation, amène une stabilisation relative de l'infection qui ne risque plus de compromettre le sort des arbres encore existants à ce moment.

Colonne 4 : on exprime ici, pour chaque période de production considérée, la production moyenne individuelle en cm^3 de latex par arbre et par jour de saignée. Ces normes sont des données réelles du potentiel individuel de production du clone Tj 16 qui a été étudié durant les diverses périodes de production prévues dans le tableau.

Colonne 5 : la production en kg de caoutchouc sec s'obtient par l'opération suivante : cm^3 latex/arbre/jour $\times$ 144 jours de saignée/an $\times$ nombre arbres sauvés $\times$ nombre années de production $\times$ 33 % de teneur du latex en caoutchouc sec.

Il ressort des calculs consignés dans le tableau LXXVI que les 129 arbres en surplus, maintenus en vie par le traitement, ont pu produire en 10 ans de saignée une quantité de caoutchouc d'environ 3.600 kg.

Ce chiffre théorique est certainement supérieur à la réalité. Il faut en voir la raison notamment, dans le fait qu'on s'est basé, pour le calcul de la production, sur des données moyennes de la production individuelle au cours des années. On n'a pas tenu compte, de ce fait, des fluctuations possibles de la production individuelle annuelle en fonction de la densité de plantation [1].

Nous pouvons toutefois prévoir que le gain réel de production imputable à l'action du traitement se situera aux environs de 3.000 kg de caoutchouc sec pour la période considérée.

2. - *CALCUL DU GAIN DE PRODUCTION REEL.*

Nous avons signalé précédemment les difficultés d'établir une estimation théorique du gain de production imputable à l'action du traitement.

(1) On peut en effet considérer que les 3.600 kg récupérés constituent le gain maximum que l'on pourrait réaliser si, dans les champs témoins, la diminution relativement importante de densité n'entraînait un accroissement, parfois notable, de la production individuelle.

Tableau LXXVII. – Production globale par ha et par an dans des champs témoins et des champs traités du même clone Tj 16 (densité initiale 500 arbres/ha)

Période	CHAMP TEMOIN						CHAMP TEMOIN					
	Nombre d'arbres par ha (existences)	Nombre moyen d'arbres en saignée	Productivité				Nombre d'arbres par ha (existences)	Nombre moyen d'arbres en saignée	Productivité			
			Production individuelle (cm3 latex/arbre/jour)	Latex ha/an (litres)	% caoutchouc sec	Kg de caoutchouc ha/an			Production individuelle (cm3 latex/arbre/jour)	Latex ha/an (litres)	% caoutchouc sec	Kg de caoutchouc ha/an
5 à 6 ans	359	274	47,0	1.854	29,6	549	366	304	36,8	1.610	28,6	460
6 à 7 ans	333	266	60,0	2.298	32,1	738	358	322	55,6	2.578	31,9	822
7 à 8 ans	294	282	55,3	2.246	35,9	806	350	333	61,1	2.930	35,6	1.043
8 à 9 ans	270	256	65,8	2.426	36,5	885	346	324	60,0	2.799	36,2	1.013
9 à 10 ans	240	200	79,5	2.290	37,7	863	340	275	86,5	3.425	36,7	1.257
10 à 11 ans	207	167	99,0	2.380	37,4	890	332	253	106,4	3.876	38,5	1.492
11 à 12 ans	192	182	108,0	2.830	36,2	1.024	327	309	89,0	3.960	34,3	1.358
12 à 13 ans	168	155	112,0	2.500	35,0	875	322	293	87,3	3.684	34,1	1.256
13 à 14 ans	150	136	110,0	2.154	35,0	754	320	291	87,0	3.645	34,0	1.239
14 à 15 ans	130	117	110,0	1.853	35,0	649	318	286	87,0	3.583	34,0	1.218
						8.033						11.158

Remarques. — La production ha/an en kg de caoutchouc sec est estimée sur la base normale de 144 jours de saignée par an avec le système S/2 d/2. Des études récentes (cfr Rapport annuel de l'INEAC, 1952) nous ont montré que l'échelle des productions annuelles obtenues par un système S/2 m/2 ne différait pas sensiblement.

Afin de contrôler le calcul théorique que nous avons exposé ci-dessus, nous avons étudié l'échelle des productions réelles de deux séries de parcelles qui répondent aux critères fixés par l'exemple théorique précédent.

Nous avons choisi des parcelles traitées et des parcelles témoins du clone Tj 16 dont l'occupation moyenne par ha au cours des années évoluait dans le même sens que les normes définies pas l'exemple théorique.

On trouvera, dans le tableau LXXVII, les données d'occupation et de production par ha intéressant respectivement les parcelles témoins et les parcelles en traitement du clone Tj 16 (1).

Pour chacune des deux plantations reprises par le tableau LXXVII, on trouvera les données suivantes :

1) Normes d'occupation par ha, fixées par l'exemple choisi précédemment (tableau LXXIV).
2) Nombre moyen d'arbres en saignée pendant les périodes annuelles considérées (2).
3) Production individuelle en cm^3 de latex par arbre et par jour de saignée au cours des périodes annuelles considérées.
4) Production en litres de latex par ha et par an.
5) Teneur annuelle moyenne du latex en caoutchouc sec (% caoutchouc sec), déterminée par analyse.
6) Production exprimée en kg de caoutchouc sec par ha et par an.

L'écart enregistré entre la productivité des champs témoins et des champs soumis au traitement s'élève, *grosso modo*, à 3 *tonnes de caoutchouc par ha* sur la période considérée de 10 années de saignée.

On peut donc conclure que la prévision théorique réalisée antérieurement se place dans le cadre de la réalité, tout en étant surestimée, comme c'était prévisible.

§ 4. - LA RENTABILITÉ DE LA MÉTHODE DE LUTTE

1. - *DETERMINATION DES ELEMENTS DU CALCUL DE RENTABILITE.*

Nous avons précisé, dans les pages qui précèdent, les éléments qui doivent permettre de discuter la rentalibité de la méthode de lutte standard.

Nous avons en effet calculé, d'une part le prix de revient des traitements sanitaires, et d'autre part le gain de production imputable à l'action de ces traitements appliqués à des plantations bien caractérisées.

(1) Parcelles établies par stumps greffés à 500 sujets/ha.

(2) On sait que le nombre d'arbres en saignée peut fluctuer endéans des périodes assez courtes. En pratique, nous établissons nos calculs de productivité annuelle sur la base du nombre moyen d'hévéas saignés au cours de l'année.

Il reste évident que ces valeurs sont applicables aux conditions de milieu d'où sont issus les éléments de base de nos calculs, c'est-à-dire la région de Yangambi. Pour chaque région déterminée, toutes ces estimations sont à refaire avec les éléments dont disposent les intéressés.

Si l'estimation du prix de revient de la lutte ne présente guère de difficultés, en suivant le canevas tracé au § 2, il n'en est pas de même en ce qui concerne le gain de production espéré par l'application de la méthode de lutte.

C'est pourquoi nous allons reprendre plus en détail cette dernière question.

2. - *ESTIMATION A PRIORI DU GAIN DE PRODUCTION.*

Le gain de production espéré, par l'application de traitements sanitaires, est fonction de quantités de facteurs qui sont susceptibles de varier dans de larges mesures selon les plantations considérées.

Nous citerons :

— le type de matériel (semenceaux ou greffes) et son potentiel productif;

— les méthodes culturales (notamment les densités de plantation);

— les types de sol;

— le degré d'infection par les pourridiés.

Ces divers facteurs de variabilité rendent très difficile une estimation *a priori* du bénéfice espéré de la méthode de lutte.

Dans le tableau LXXVII, nous avons trouvé un gain de production en faveur du traitement de 3 tonnes de caoutchouc par ha en 10 ans de saignée, soit de 300 kg/ha/an.

Cette valeur constitue un cas particulier applicable à des plantations qui répondent à toutes les caractéristiques définies dans l'exemple choisi.

Afin d'élargir le champ des estimations possibles du gain de production, et ce *a priori*, nous avons tenté de préciser quelles étaient les pertes de production entraînées par des disparitions d'arbres à divers âges considérés au sein de plantations constituées d'un matériel analogue — au point de vue potentiel productif — à celui que nous avions retenu pour l'exemple du tableau LXXVII (clone Tj 16).

Des moyennes générales, établies à partir de nombreuses populations situées dans les conditions les plus diverses, n'ont plus aucun sens pour une étude d'ordre économique, laquelle exige des éléments réels puisés dans le seul milieu étudié.

Ainsi, nous avons envisagé un seul clone d'utilisation courante — le Tj 16 — pour lequel nous avons déterminé les normes de productivité en fonction de toute une gamme de densités différentes par unité de surface.

Pour une série de parcelles établies à des densités initiales de 330, 400, 500, 750 hévéas/ha, nous avons calculé successivement, entre 5 et 15 ans d'âge de plantation :

— les existences par année de saignée;

— la production globale par ha et par an;

— la production individuelle moyenne (en kg caoutchouc sec) par an.

Connaissant pour chaque année de saignée la production individuelle moyenne, il est aisé de déterminer dans chaque cas ce que représente la perte de production entraînée par un arbre à un âge déterminé. C'est ce que nous avons résumé dans le tableau LXXVIII.

Tableau LXXVIII. – Valeur de la production perdue par arbre disparu, sur une période de 10 ans de saignée, en fonction de la date de disparition

Densité initiale par ha	Existences moyennes par ha		Perte de production (kg caoutchouc sec) par arbre en fonction de sa date de disparition									
	5 ans	15 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans	13 ans	14 ans
330	197	149	37,0	34,7	32,5	29,9	27,1	24,2	19,5	15,0	9,7	4,9
400	224	184	39,5	37,3	35,1	32,2	29,1	25,4	20,1	15,4	10,2	5,1
500	283	238	39,1	36,7	34,2	31,1	27,9	24,1	19,4	14,7	9,7	4,9
750	395	302	35,8	33,5	30,5	27,8	24,1	20,1	15,3	11,2	7,3	3,6
Moyennes	—	—	37,9	35,6	33,1	30,3	27,1	23,4	18,6	14,1	9,2	4,6

Quelques remarques sont à faire touchant les données consignées dans ce tableau.

1) Ce sont les parcelles à forte densité initiale (750 arbres/ha) qui présentent la plus faible productivité individuelle dans l'échelle des valeurs calculées pour les diverses densités.

   L'écart qui existe entre les valeurs correspondant aux fortes densités (750 sujets/ha) et aux densités plus faibles (330 à 500 arbres/ha) n'est cependant pas aussi grand qu'on l'eût estimé logiquement à première vue. Il faut en rechercher la cause dans l'intervention des éclaircies sélectives qui ont affecté plus intensément les parcelles à forte densité initiale de plantation. De ce fait, le relèvement du niveau individuel de production dans les parcelles densement occupées a sensiblement réduit l'écart observé entre ces dernières et le niveau de production individuel des parcelles à plus faible occupation unitaire.

2) On doit souligner le fait que la productivité individuelle dans les parcelles établies à la densité de 330 arbres/ha est inférieure à ce qui est observé dans les parcelles à 400 et 500 hévéas/ha. Cette anomalie apparente est imputable au fait que la densité initiale de 330 arbres/ha, beaucoup trop faible dans nos conditions, est responsable de dégâts importants (chablis et pourridiés) qui affectent ces parcelles.

   Le mauvais état végétatif des arbres ne leur permet donc pas de marquer l'accroissement individuel de production qui serait logiquement induit par la réduction importante du taux d'occupation.

3) Les valeurs fournies de l'évolution des existences (entre 5 et 15 ans) pour les diverses parcelles reprises au tableau LXXVIII montrent que les taux annuels moyens de disparition (imputables aux effets combinés des pourridiés et des éclaircies sélectives, du moins en ce qui concerne les fortes densités) sont relativement faibles. Nous avons en effet 2,4 - 1,8 - 1,6 et 2,3 % respectivement pour les densités 330 - 400 - 500 et 700 hévéas/ha. Ces faibles taux sont induits par le fait que toutes les parcelles étudiées ont été soumises à un traitement contre les pourridiés.

Les données du tableau LXXVIII nous ont permis de constituer le graphique 29 dans lequel il est possible, pour chacune des densités initiales considérées, de traduire en kg de caoutchouc la perte de production induite par la disparition d'un arbre à un âge déterminé.

Ainsi, pour des plantations situées dans des conditions agro-climatiques analogues à celles de la région de Yangambi et constituées d'un matériel du même potentiel productif que le Tj 16 (1), il est possible de prédire, à l'aide du graphique 29, quelle est la perte de production engendrée durant des périodes données par la disparition d'un certain nombre d'individus.

L'utilisation de la seule courbe moyenne du graphique 29 pourra suffire dans la majorité des cas pour prédire la perte de production escomptée avec une précision suffisante.

Donnons un exemple de calcul : soit une population de 300 arbres/ha à l'âge de 4 ans, dans laquelle on observe des disparitions de 20 et 25 arbres respectivement de 4 à 5 ans et de 5 à 6 ans. C'est dire qu'il resterait 255 arbres à l'âge de 6 ans et que le taux annuel moyen de mortalité est de 7,5 %.

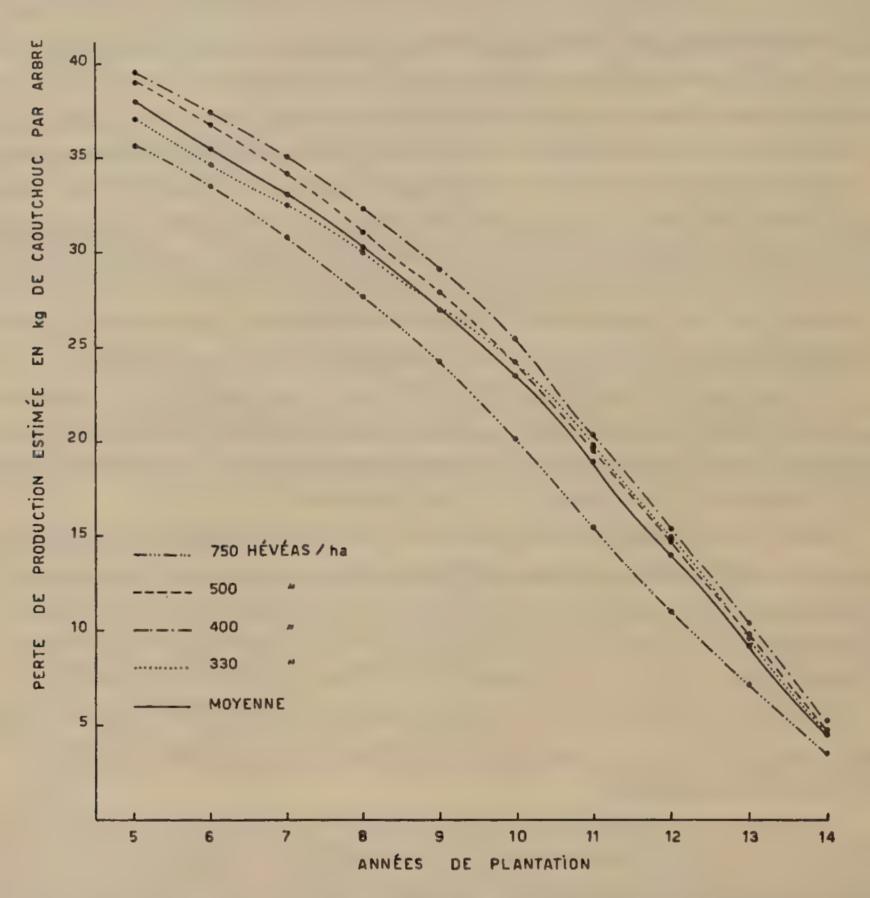
La perte escomptée de production est la suivante :

20 arbres disparus à 5 ans = 20 × 37,9 kg = 758 kg
25 arbres disparus à 6 ans = 25 × 35,6 kg = 890 kg
————————
1.648 kg

On voit donc que cette perte de 45 arbres endéans deux années (de 4 à 6 ans) implique une réduction de production à l'hectare de l'ordre de 1.650 kg

(1) Des clones tels que Tj 1 et M 8, ainsi que des descendances clonales à haut potentiel productif peuvent être assimilés au Tj 16 en ce qui concerne les normes de productivité.

de caoutchouc sur une période de 10 années de saignée. En fait, la perte réelle est moindre du fait que tous les hévéas d'une parcelle ne concourent pas à la production. Un certain pourcentage des individus, atteints de B.B.B. ou cassés, ne produisent pas. Si nous estimons à 20 % le taux moyen d'arbres non producteurs, nous pouvons dire que la perte de caoutchouc sera de 1.320 kg environ (1.650 — 20 %).



Graphique 29. — Expression de la perte de production par arbre, sur une période de 10 ans de saignée, en fonction de la date de disparition des hévéas.

Si on estime, à juste titre, que le traitement pourrait sauver, s'il était appliqué, 50 % des arbres condamnés (soit le taux annuel moyen de mortalité ramené à environ 3,5 %), on peut dire que la méthode de lutte nous aurait permis la récupération de quelque 650 kg de caoutchouc.

Un graphique tel que celui que nous avons tracé permet donc de juger *a priori*, avec une approximation raisonnable, de la perte de production imputable à des taux de disparition connus, et partant, du bénéfice escompté

de l'application des traitements sanitaires en s'appuyant sur l'hypothèse suivant laquelle ceux-ci peuvent réduire de moitié le taux annuel moyen de mortalité par les pourridiés.

Il faut enfin tenir compte dans ces prévisions du taux d'individus qui ne produisent pas pour diverses raisons déjà citées (casse, B.B.B., pourridiés). Ce taux est rarement inférieur à 20 % dans les plantations adultes, saignées depuis plusieurs années.

3. - *CALCUL DE LA RENTABILITE DE LA METHODE DE LUTTE.*

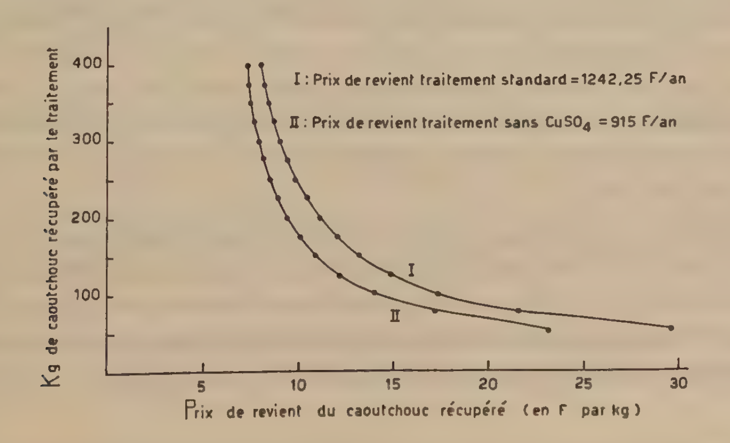
Nous envisagerons, ici encore, les éléments de calcul qui furent déterminés valables pour la région de Yangambi.

Pour des plantations de Tj 16, dont les taux d'occupation sont conformes aux données reprises dans le tableau LXXVII, nous avons vu que le gain de production imputable à l'action des traitements s'élèverait à 3.100 kg de caoutchouc sec environ, par hectare et pour la période considérée de 10 ans de saignée, entre 5 et 15 ans de plantation.

Le traitement standard appliqué de 2 à 10 ans de plantation, suivant un rythme défini précédemment, nécessitait durant cette période un investissement de 12.422,50 F (p. 416 et suivantes).

Il en résulte que chaque kilogramme de caoutchouc récupéré en plantation à l'aide des traitements sanitaires ne coûte que 4 francs. Si on tient compte du coût de l'usinage (5 F/kg), ce caoutchouc revient à environ 9 francs le kg.

Nous avons établi au graphique 30 deux courbes qui permettent, pour chaque niveau connu du prix de revient de la lutte, de déterminer le coût du kg de caoutchouc récupéré par le traitement en fonction de son efficacité, celle-ci étant exprimée en kg de caoutchouc récupérés par hectare et par an.



Graphique 30. — Prix de revient du kg de caoutchouc récupéré par les traitements en fonction de l'efficacité et du coût des traitements sanitaires.

Les points de la courbe I ont été déterminés par la simple expression :

$$y = \frac{1.242,25}{x} + 5 F$$

On donne à x diverses valeurs estimées du gain de production en kg de caoutchouc imputable à l'action du traitement. La valeur de 5 francs est destinée à inclure le coût de l'usinage dans le prix de revient de kg de caoutchouc récupéré par les traitements sanitaires.

Les points de la courbe II — qui correspond à un prix de revient de la lutte s'élevant à 915 F/ha/an — furent déterminés par l'expression :

$$y = \frac{915}{x} + 5 F$$

En abscisse, nous avons disposé les diverses valeurs possibles du prix de revient du caoutchouc récupéré et en ordonnées les valeurs de la production récupérée par les traitements, ces valeurs étant exprimées en kg de caoutchouc par hectare et par an.

4. - *PRIX DE REVIENT DU CAOUTCHOUC ISSU DE PLANTATIONS TRAITEES ET NON TRAITEES CONTRE LES POURRIDIES.*

L'estimation du prix de revient du caoutchouc issu de champs traités ou non traités est d'une grande importance. En effet, une opinion assez répandue attribue aux traitements sanitaires un effet d'accroissement sensible du prix de revient du caoutchouc.

Nous allons tenter de jeter quelque lumière sur cette question controversée, en faisant appel à des éléments connus, puisés dans la région de Yangambi.

Nous déterminerons d'abord le montant des frais investis pour l'établissement et l'entretien de plantations jusqu'à l'âge de 15 ans. Nous nous sommes limités à cette période de 15 ans pour la simple raison que nous ne disposons pas de données certaines de productivité au delà de cette date. Nous préférons donc établir un prix de revient sur une période plus courte que celle prévue par les normes industrielles (1) afin de rester sur des bases indiscutables de calcul.

Ce faisant, nous faisons porter tout le poids des amortissements sur une courte période de 10 ans de saignée; cette technique aura comme conséquence d'accroître l'incidence relative des frais d'amortissement sur le prix de revient du caoutchouc, ce qui ne donnera que plus de valeur à la comparaison que nous voulons établir entre les champs traités et non traités.

(1) Il est courant d'amortir des plantations en 25 ans, soit sur environ 20 ans de saignée. Nous estimons d'ailleurs cette durée abusive dans beaucoup de cas, notamment en ce qui concerne les clones greffés. Dans beaucoup de situations, des facteurs défavorables — parmi lesquels il faut citer : les dégâts de pourridiés, la mauvaise régénération des écorces, la mauvaise qualité de la saignée, — limitent pratiquement la durée d'exploitation normale (rentable) à moins de 15 ans.

a) *Discussion des normes de main-d'œuvre et des frais entraînés par l'établissement des plantations d'hévéas et leur entretien.*

Nous prendrons comme base de calcul les éléments suivants :

— établissement de plantations de greffes à 500 arbres/ha (densité initiale) - Technique de greffage en pépinière (1).

— prix de l'homme/jour à 40 F, y compris la surveillance européenne.

Coût du travailleur	30,00 F (voir p. 406)
Amortissement de l'outillage	0,70 F
Surveillance indigène	2,05 F
(1 capita à 18.500 F pour 30 hommes)	
Surveillance européenne	
(1 agent pour 200 travailleurs) . . .	7,50 F
Total :	40,25 F arrondi à 40 F.

— placement des capitaux investis à intérêts composés au taux de 3,5 %.

Nous avons groupé dans le tableau LXXIX tous les éléments du calcul des frais d'établissement et d'entretien d'un hectare d'hévéas greffés.

Ainsi, pour une période de 15 ans, on a investi une somme de 46.915,50 F pour l'aménagement et l'entretien courant d'un ha de plantation. Les frais entraînés par la lutte contre les pourridiés ne sont pas repris dans ce total.

Dans l'exemple que nous avons choisi, nous amortissons l'investissement consenti sur 10 années de saignée seulement, ce qui représente *4.691,55 F par année de saignée.*

b) *Amortissement des frais consentis pour la lutte contre les pourridiés.*

Nous avons calculé (p. 416) précédemment que le total des frais investis dans la lutte s'élevait, intérêts inclus, à 12.422,50 F par ha. L'amortissement de cette somme sur 10 ans de saignée nous donne des tranches annuelles de 1.242,25 F.

L'amortissement annuel se réduit à 915 F si l'on a recours à la modalité d'application du traitement qui consiste à ne pas utiliser de solutions cupriques.

(1) Nous avons pris à dessein la technique la plus coûteuse.

Tableau LXXIX. — Coût de l'établissement et de l'entretien d'un hectare d'hévéas greffés

Année	Travaux	Hommes/jour	Valeur (en F)	Années de placement du capital	Capital investi (en F)
1re	Prospection et prix du terrain	—	650		
	Réseau routier	100	4.000		
	Piquetage, délimitation	6	240		
	Coupe du sous-bois	10	400		
	Abattage (40 hommes/jour/ha à double salaire)	80	3.200		
	Débardage (14 lignes à 10 hommes/jour/ligne)	140	5.600		
	Piquetage des emplacements	2	80		
	Coupe de piquets	2	80		
	Pépinière				
	Préparation du terrain (± 350 m²)	40	1.600		
	Piquetage	7	280		
	Récolte de graines	1	40		
	Aménagement du germoir	3	120		
	Semis en germoir	1	40		
	Repiquage des plantules en pépinière	2	80		
	Ombrage	1	40		
	Greffage (1.000 greffes)	10	400		
	Plantation				
	Arrachage des stumps	5	200		
	Mise en place en champs	15	600		
	Remplacements	3	120		
	Parc à bois	45	1.800		
	Egourmandages	4	160		
	Entretien 1re année				
	Fauchage dans les lignes (6 par an)	18	720		
	Coupe du recru (4 par an)	20	800		
	Totaux :	515	21.250	15	35.601,15
2e	Fauchage dans les lignes (6 coupes)	18	720		
	Coupe du recru (4 coupes)	20	800		
		38	1.520	14	2.460,40
3e	Fauchage dans les lignes (6 coupes)	18	720		
	Coupe du recru (4 coupes)	20	800		
		38	1.520	13	2.377,20
4e	Fauchage dans les lignes (5 coupes)	15	600		
	Coupe du recru (3 coupes)	15	600		
		30	1.200	12	1.813,30

Tableau LXXIX (suite).

Année	Travaux	Hommes/jour	Valeur (en F)	Années de placement du capital	Capital investi (en F)
5ᵉ	Fauchage dans les lignes (4 coupes) . .	10	480		
	Coupe du recru (2 coupes)	12	400		
		22	880	11	1.284,75
6ᵉ	Fauchage dans les lignes (3 coupes) . .	8	360		
	Coupe du recru (2 coupes)	9	320		
		17	680	10	959,20
7ᵉ	Fauchage dans les lignes (2 coupes) . .	6	240		
	Coupe du recru (2 coupes)	6	240		
		12	480	9	654,20
8ᵉ	Fauchage dans les lignes (1 coupe) . .	3	120		
	Coupe du recru (1 coupe)	3	120		
		6	240	8	316,05
9ᵉ	Fauchage dans les lignes (1 coupe) . .	1,5	60		
	Coupe du recru (1 coupe)	3	120		
		4,5	180	7	229,00
10ᵉ	Fauchage dans les lignes (1 coupe) . .	1,5	60		
	Coupe du recru (1 coupe)	3	120		
		4,5	180	6	221,25
11ᵉ	Fauchage dans les lignes (1 coupe) . .	1,5	60		
	Coupe du recru (1 coupe)	3	120		
		4,5	180	5	213,80
12ᵉ	Fauchage dans les lignes (1 coupe) . .	1,5	60		
	Coupe du recru (1 coupe)	3	120		
		4,5	180	4	206,55
13ᵉ	Fauchage dans les lignes (1 coupe) . .	1,5	60		
	Coupe du recru (1 coupe)	3	120		
		4,5	180	3	199,55
14ᵉ	Fauchage dans les lignes (1 coupe) . .	1,5	60		
	Coupe du recru (1 coupe)	3	120		
		4,5	180	2	192,80
15ᵉ	Fauchage dans les lignes (1 coupe) . .	1,5	60		
	Coupe du recru (1 coupe)	3	120		
		4,5	180	1	186,30
				Total :	46.915,50

c) *Les frais de saignée.*

Estimons le prix de revient d'un saigneur à 12.000 F/an. Ainsi, l'incidence des frais de saignée sera de 6.000 F par ha et par an pour une tâche normale (1) et pour un système de saignée S/2 d/2 ou S/2 m/2 (2).

Nous considérons donc que les occupations reprises au tableau LXXVII pour les champs traités représentent des tâches normales et nécessitent donc 1/2 homme/an pour l'exploitation.

* * *

A partir des éléments définis ci-dessus, nous allons calculer le prix de revient du caoutchouc issu de plantations soumises ou non au traitement standard contre les pourridiés.

Le tableau LXXX, qui condense les résultats des calculs réalisés, est composé de la manière suivante :

Colonnes — *Champs traités* :

(0) : les années considérées. La période de 5 à 6 ans de plantation correspond à la première année de saignée;

(1) : le nombre d'arbres saignés dans les champs traités. Il s'agit en fait, pour chaque période annuelle considérée, du nombre moyen d'individus exploités au cours de cette année, la moyenne annuelle étant déterminée à l'aide de 12 relevés mensuels;

(2) : la surface saignée est toujours d'un ha dans le cas des champs traités, étant donné que le nombre d'individus présents à l'hectare constitue chaque fois une tâche de saignée normale (253 à 333 arbres);

(3) : le coût de la saignée par hectare est toujours de 6.000 F/an (1/2 homme/an pour une saignée en S/2 d/2 dans l'exemple choisi);

(4) : valeurs annuelles d'amortissement des frais d'établissement et d'entretien de la plantation, ces frais étant reportés sur 10 années de saignée seulement;

(5) : valeurs annuelles d'amortissement des frais consentis pour la lutte contre les pourridiés;

(1) Nous considérons comme tâche normale sur un ha la saignée de 350 individus dans le jeune âge et d'environ 275 à un âge assez avancé (≥ 12 ans).

(2) Les systèmes de saignée S/2 d/2 et S/2 m/2 demandent en effet 1/2 homme pour l'exploitation.

Colonnes (6) : total des investissements annuels par tâche de saignée, soit par hectare dans le cas présent. C'est en fait la somme des valeurs reprises aux points (3), (4) et (5);

Champs traités

(7) : rendement annuel en kg de caoutchouc sec par ha et par an, la tâche de saignée étant de 1 ha/homme dans les champs traités repris par notre exemple. Ces valeurs de rendement sont issues des normes calculées au tableau LXXVII;

(8) : le prix de revient du kg de caoutchouc est obtenu par la simple opération suivante :

$$\left(\frac{\text{Total investissements}}{\text{Production/ha}}\right) + \text{frais usinage.}$$

Nous avons estimé les frais d'usinage à 5 F/kg pour chacune des années considérées;

Champs non traités

(9) : « les existences par ha » représentent en fait, dans les champs non traités, les nombres d'individus à saigner par hectare. En comparaison avec les nombres d'individus qui sont repris en (1) pour les champs traités, les champs non traités ne constituent pas une tâche *normale* de saignée. C'est pourquoi nous avons introduit une correction qui tend à admettre un accroissement de la surface à exploiter par saigneur dans les champs non traités, afin de constituer une tâche de saignée semblable dans les deux cas [1];

(10) : le rapport des arbres en saignée par hectare dans les champs traités et non traités, (1) : (9) donne la surface théorique qu'il faut parcourir dans ces derniers pour trouver un nombre d'arbres à saigner identique à ce qui fut défini pour les champs en traitement;

(11) : le coût de la saignée est ramené au même niveau que dans les champs traités, soit 6.000 F par an et par *tâche de saignée* telle que définie en (10);

(12) : l'amortissement des frais d'établissement et d'entretien n'est plus dans le cas présent une valeur fixe annuelle comme c'était le cas pour les champs traités. En effet, la valeur de l'amortissement se calcule ici par *tâche de saignée,* soit sur des surfaces variables, définies par les coefficients calculés en (10);

(1) Nous avons admis cette hypothèse dans nos calculs afin de les simplifier en admettant qu'un saigneur puisse réaliser en champs non traités une tâche équivalente à celle qui est définie pour les champs traités, et ce, quelle que soit la surface à parcourir. Il est évident que certaines surfaces, à partir de 1,9 ha, se placent hors des possibilités pratiques de réalisation.

Tableau LXXX. — Prix de revient du kg de caoutchouc exporté à partir de plantations traitées et témoins

Année	CHAMPS TRAITES							
	Nombre d'arbres saignés	Surface saignée (en ha)	Coût de la saignée (en F)	Amortissement/an		Total des investissements par tâche de saignée (en F) (3)+(4)+(5)	Production globale (en kg de caoutchouc par ha/an)	Prix de revient du kg de caoutchouc (en F) (6) : (7) + 5 F
				Plantation (en F)	Lutte contre les pourridiés (en F)			
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
5 à 6 ans	304	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	460	30,95
6 à 7 ans	322	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	822	19,50
7 à 8 ans	333	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	1.043	16,45
8 à 9 ans	324	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	1.013	16,80
9 à 10 ans	275	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	1.257	14,50
10 à 11 ans	253	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	1.492	13,00
11 à 12 ans	309	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	1.358	13,80
12 à 13 ans	293	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	1.256	14,50
13 à 14 ans	291	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	1.239	14,60
14 à 15 ans	286	1	6.000	4.691,55	1.242,25	11.933,80	1.218	14,80
—	—	—	60.000	46.915,50	12.422,50	119.338,00	11.158	15,70

Année	CHAMPS TEMOINS						
	Arbres saignables par ha	Surface à saigner (1) : (9)	Coût de la saignée par tâche (en F)	Amortissement de la plantation par tâche (en F) (4) × (10)	Total des investissements par tâche de saignée (en F) (11)+(12)	Total de la production (en kg de caoutchouc par tâche/an)	Prix de revient du kg de caoutchouc (13) : (14) + 5 F
(0)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
5 à 6 ans	274	1,10	6.000	5.160,70	11.160,70	604	23,50
6 à 7 ans	266	1,21	6.000	5.676,75	11.676,75	893	18,10
7 à 8 ans	282	1,18	6.000	5.536,00	11.536,00	951	17,15
8 à 9 ans	256	1,26	6.000	5.911,35	11.911,35	1.115	15,70
9 à 10 ans	200	1,37	6.000	6.427,40	12.427,40	1.182	15,50
10 à 11 ans	167	1,51	6.000	7.084,25	13.084,25	1.344	14,75
11 à 12 ans	182	1,70	6.000	7.975,65	13.975,65	1.741	13,00
12 à 13 ans	155	1,89	6.000	8.867,00	14.867,00	1.654	14,00
13 à 14 ans	136	2,14	6.000	10.039,90	16.039,90	1.613	14,85
14 à 15 ans	117	2,44	6.000	11.447,40	17.447,40	1.583	16,00
—	—	—	60.000	74.126,40	134.126,40	12.680	15,60

Colonnes (13) : le total des investissements consentis, par tâche de saignée, est évidemment fourni par la somme des postes (11) et (12). Les frais de la lutte contre les pourridiés n'interviennent évidemment pas ici;

Champs non traités

(14) : le total de la production par tâche de saignée et par année a été calculée en affectant la production par ha/an des champs traités (cfr tableau LXXVII) du même coefficient correcteur (10) qui fournit la surface à saigner en champs non traités pour atteindre le nombre d'individus exploités en champs traités.

Du fait qu'à l'âge adulte notamment, la production individuelle des arbres situés dans des parcelles à faible densité (cas des champs non traités) s'accroît dans des proportions très nettes, la production globale calculée par tâche de saignée dans les champs non traités atteint parfois des valeurs nettement supérieures à celles qui furent enregistrées dans les champs en traitement, là où le taux d'occupation restait normal;

(15) : le prix de revient du caoutchouc issu des champs non traités s'obtient par la même opération déjà décrite en (8), soit

$$\left(\frac{\text{Total investissements}}{\text{Production par tâche saignée}}\right) + \text{frais usinage}$$

(5 F/kg).

Nous avons conservé la même valeur pour les frais d'usinage du fait de l'hypothèse introduite plus haut et suivant laquelle un saigneur peut ramener autant de caoutchouc dans les deux cas considérés, même en parcourant des surfaces très supérieures à 1 ha.

Il résulte de l'examen du tableau LXXX que le *prix de revient du kg de caoutchouc exporté est identique pour les deux cas envisagés*, soit pour les plantations traitées et les plantations non traitées.

Ce résultat est de la plus haute importance comme nous allons le prouver dans un instant. En effet, l'équivalence des prix de revient résulte de calculs dans lesquels nous avons arbitrairement attribué aux champs non traités les éléments les plus favorables. Nous avons admis, rappelons-le succinctement :

1) des normes d'entretien semblables dans les deux cas. On sait par expérience que des plantations éclaircies par l'action des pourridiés nécessitent des frais supplémentaires d'entretien pour la coupe des recrus et le fauchage dans les lignes. La casse, plus importante dans les champs non traités, du fait des trouées créées dans le couvert, entraîne également des frais pour le toilettage des arbres (égourmandages, recépage, débardage de portions de lignes encombrées par les chablis).

   Bien que ces frais supplémentaires soient difficiles à estimer avec précision, on ne peut nier qu'ils interviennent de manière sensible dans le coût de l'entretien.

2) des tâches de saignée équivalentes dans les champs non traités et traités. S'il est vrai que dans la saignée d'une tâche normale (± 350 arbres) les parcours à vide n'interviennent guère que pour 20 minutes par hectare, on ne peut étendre cette norme à des étendues de plus en plus grandes, comme nous l'avons admis en théorie dans l'exemple du tableau LXXX. En effet, il faut tenir compte dans le cas de champs non traités, décimés par les pourridiés, d'une accessibilité moins aisée à bon nombre des arbres à saigner, et ce malgré les sacrifices consentis pour l'entretien.

   Enfin, un point essentiel sur lequel il faut insister est la surveillance européenne. La surveillance d'un bloc homogène, à taux d'occupation normal, est relativement aisée et permet d'atteindre un rendement optimum de la part des ouvriers préposés à la saignée.

   Si, par suite des dégâts de pourridiés, la surveillance européenne doit s'étaler sur une surface double pour respecter les normes de saignée imposées, on conçoit que l'efficacité du contrôle soit nettement inférieure, ce qui aboutit finalement à accroître les frais de surveillance ou à réduire sensiblement les rendements.

3) des normes de production issues de champs en traitement. En effet, nous avons adopté pour imager l'évolution de l'occupation en parcelles témoins (tableau LXXVII) des données issues de champs traités qui furent établis à faible densité initiale. Ainsi, les rendements obtenus dans ces parcelles sont encore très intéressants du fait même que les arbres sont maintenus par le traitement dans un état sanitaire relativement meilleur que celui enregistré d'habitude dans les champs non traités.

Il ressort de ces diverses considérations que le prix de revient du caoutchouc issu de plantations en traitement est plus souvent inférieur à celui des plantations non traitées.

Si nous tenons compte, dans le tableau LXXX, des diverses considérations précédemment émises touchant les difficultés supplémentaires de surveillance et de saignée dans les parcelles non traitées, nous pouvons admettre que la productivité globale sur 10 ans de saignée aura été semblable dans les deux types de plantations.

Ainsi, pour une même productivité globale dans les deux cas (environ 11.150 kg), le prix de revient du caoutchouc dans les champs non traités s'élèverait à 17 F par kg contre 15,50 F environ dans les champs traités.

Il faut encore ajouter à cette conclusion le fait qu'à partir de 10 ans d'âge de plantation, un rendement important par saigneur ne peut être obtenu dans les champs non traités qu'en augmentant la surface des tâches jusqu'à des niveaux exagérés (plus de 2 ha à partir de 13 ans).

5. - *CONCLUSIONS.*

Nous en terminerons avec cet aspect du problème des pourridiés en attirant l'attention sur le fait que la lutte contre les maladies radiculaires ne doit pas constituer *a priori* une spéculation à courte échéance. Trop souvent, des planteurs songent à appliquer un traitement contre les pourridiés durant les seules périodes où les cours du caoutchouc laissent augurer des bénéfices substantiels.

La marge bénéficiaire vient-elle à se réduire, on suspend l'intervention sanitaire. Cette politique à courte vue contribue à diminuer la valeur du capital plantation dans des proportions parfois importantes. Ultérieurement, lorsque la conjoncture économique redevient favorable, on se trouve devant des plantations dont le taux d'occupation est fortement réduit, avec comme conséquences inévitables une production unitaire réduite et un accroissement du prix de revient du caoutchouc produit.

Nous croyons avoir démontré à suffisance dans ce dernier chapitre la validité de la conception suivant laquelle la lutte contre les pourridiés, dans toutes les circonstances où son intervention se justifie, doit constituer une mesure nécessaire pour assurer le maintien des plantations menacées à un stade productif élevé, et non, comme certains la considèrent encore, soit comme une mesure temporaire et facultative pour sauvegarder la production durant les seules périodes économiquement très favorables.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

L'analyse des divers aspects du problème des pourridiés de l'hévéa au Congo belge, tels qu'ils furent envisagés dans le présent ouvrage, a permis de jeter quelque lumière sur cette question que l'on a souvent considérée comme insoluble.

Bien que les résultats acquis ne permettent pas de considérer les questions posées comme définitivement résolues, ils ont cependant autorisé l'énoncé de principes et de recommandations dont la portée, sur le plan pratique, est incontestablement très grande.

Ils ont fait apparaître des lacunes dans notre étude, ce qui ne peut manquer d'avoir une incidence heureuse sur l'orientation et la méthodologie des futures recherches touchant cet aspect particulier de l'hévéaculture.

Au Congo belge aussi bien qu'en Extrême-Orient, on a reconnu que les foyers primaires d'infection des plantations d'hévéas étaient constitués par les souches et débris ligneux abandonnés au sol à la suite des défrichements. Ainsi, le problème de l'infection des plantations est strictement lié à la technique d'établissement de la culture après forêt primaire. L'infection par les pourridiés peut se manifester à des degrés d'intensité très différents, en relation avec le type de sol ou avec les méthodes culturales adoptées. Elle peut encore varier en relation avec la composition floristique de la forêt primaire et surtout avec la distribution localement considérée de certaines essences particulièrement réceptives aux parasites radicicoles.

Dans ces conditions, qui correspondent *a priori* à une infection potentielle très élevée du milieu de plantation, on doit nécessairement envisager l'application de méthodes de lutte capables de sauvegarder la rentabilité espérée des plantations établies.

La lutte directe au moyen de la méthode standard, telle qu'elle fut mise au point à Yangambi, permet de combattre efficacement l'incidence des pourridiés, pour autant que soient respectées des conditions bien définies.

L'efficacité de la méthode de lutte dépend notamment du type de sol, de la vigueur du matériel de plantation, ainsi que, et surtout, de la précocité, de la fréquence et de la continuité des traitements sanitaires.

La rentabilité de la lutte entreprise est notamment sous la dépendance de l'efficacité calculée des traitements, du potentiel productif du matériel considéré, du prix de revient de la main-d'œuvre et surtout de la conjoncture économique qui détermine la valeur d'achat du caoutchouc naturel sur les marchés mondiaux.

Certaines techniques culturales sont susceptibles d'accroître l'efficacité de la méthode de lutte directe et même parfois de se substituer à celle-ci.

Nous avons vu que des densités initiales de plantation assez élevées, le choix judicieux du matériel et la façon de l'établir sur des sols convenables contribuent à accroître l'efficacité des traitements appliqués.

D'autres méthodes culturales sont capables de réduire, dans des mesures variables, le potentiel initial d'infection des terrains forestiers. C'est ainsi qu'une jachère naturelle de plusieurs années contribue déjà à réduire de manière très sensible le nombre et l'activité des foyers d'infection présents sur les terrains de plantation.

Cette réduction du potentiel d'infection, si elle n'autorise pas la suppression pure et simple des interventions sanitaires, permet du moins d'espacer ces dernières, ce qui implique des investissements de loin inférieurs à ceux qui sont requis par un programme de lutte systématique. Il restera cependant à déterminer la durée totale des effets bénéficiels d'une jachère naturelle. On peut craindre en effet qu'avec l'âge, la jachère naturelle, à un certain moment, ne reconstitue progressivement une ambiance forestière propice à la persistance de certains foyers et même à leur multiplication, jusqu'à un stade qui rejoindrait les conditions d'infection reconnues dans la forêt initiale.

Par contre, le fait d'établir l'hévéa après des cultures peu susceptibles aux pourridiés, telles que celles du caféier et du palmier *Elaeis,* constitue la méthode la plus efficace, reconnue jusqu'ici, pour faire disparaître la majorité des foyers d'infection. Les taux d'infection relevés dans de telles conditions sont tellement réduits qu'ils ne nécessitent pratiquement plus d'interventions d'ordre sanitaire.

A ce propos, on peut dire que cette méthode indirecte de résoudre le problème de l'incidence des pourridiés est la plus simple et la plus économique, tout en offrant le maximum d'efficacité.

On pourrait objecter à cette conception le fait que les hévéas, établis après des cultures de caféiers ou de palmiers, marquent généralement des normes de productivité inférieures à ce qui est observé en terrains vierges.

Cet inconvénient réel peut être fortement atténué sinon évité par l'application de techniques récentes de plantation, telle la méthode de présélection en place. Enfin, on peut se demander jusqu'à quel point la réduction prévisible du potentiel individuel de production escompté ne sera pas compensée, soit par un meilleur taux unitaire d'occupation, soit par un rendement global supérieur à ce qui serait obtenu dans des plantations établies en sol vierge, mais décimées par l'action des parasites radicicoles.

Parmi les méthodes de lutte qui peuvent encore être suggérées, on peut citer l'élimination des foyers d'infection reconnus en forêt primaire avant défrichement, soit par essouchement des seules essences infectées, soit encore par un essouchement total affectant toute la surface à planter.

Dans la première éventualité, il faut d'abord procéder à un laborieux dégagement des essences afin de permettre la détection des foyers d'infection potentiels ou effectifs. Des travaux de ce genre, conduits à l'échelle expérimentale, nous ont convaincu qu'ils présentaient des difficultés de réalisation qui ne permettent guère d'envisager leur application à grande échelle en milieu industriel.

L'éradication des arbres indésirables n'est d'ailleurs jamais parfaite et seule l'expérience pourra nous dire si la réduction d'infection qui découlera de cette opération sera suffisante pour ne plus justifier des interventions sanitaires ultérieures, et permettre un amortissement convenable des frais supplémentaires qui auront été investis dans la préparation du terrain de plantation.

L'essouchement total de la surface à planter en hévéas, à l'aide de moyens mécaniques puissants, pose des problèmes d'ordre économique qu'il conviendra d'étudier soigneusement au cours des prochaines années. Il faudra enfin tenir compte dans ce cas des réactions marquées par l'hévéa dans un milieu perturbé par l'action des machines.

Nous ne doutons pas qu'on aboutisse par ces moyens à une notable réduction de l'infection potentielle d'un défrichement. Il est cependant probable que l'on ne pourra pas la réduire à un niveau tel qu'aucune précaution ultérieure ne doive être envisagée, au moins pendant les premières années qui suivront la plantation. En effet, on ne pourra pas escompter une élimination totale des sources d'infection possibles du défrichement. Il est prévisible que celles-ci seront réduites à des fragments ligneux, de volume assez réduit, dont l'action infectante sur les hévéas sera épuisée endéans les quelques années qui suivront de telles méthodes de défrichement. Il ne faut cependant qu'un faible nombre d'hévéas infectés pour constituer de nouveaux foyers, qui seraient susceptibles de contaminer et infecter leurs voisins. C'est dire que même l'application de méthodes d'essouchement, partiel ou total, ne justifierait pas un relâchement de la vigilance avec laquelle il convient d'examiner les premiers symptômes d'apparition de pourridiés dans des plantations d'hévéas.

On peut enfin envisager l'annélation et l'empoisonnement des essences forestières un certain temps avant l'établissement des hévéas [1], méthodes déjà expérimentées dans d'autres régions.

Il faut préciser de suite que cette technique n'élimine pas les foyers primaires d'infection, c'est-à-dire les essences déjà infectées par les parasites radicicoles au moment de l'empoisonnement. Par contre, en tuant plus ou moins rapidement les individus sains, elle supprimerait les relais possibles de

(1) Des essais dans ce sens sont actuellement conduits au Centre de Recherches de l'INEAC à Yangambi, par un groupe de spécialistes travaillant en étroite collaboration et représentant plusieurs disciplines (Phytotechnie, Phytopathologie, Agrologie, Microbiologie, Ecoclimatologie).

l'infection, laquelle s'établit d'habitude sur des souches encore vivantes au voisinage des foyers primaires.

Ces diverses techniques — essouchement, annélation, empoisonnement — font entrevoir l'espoir d'aboutir à une nette réduction de l'infection habituellement observée dans des champs d'hévéas succédant à une forêt primaire défrichée par la méthode classique.

Leur application au domaine industriel ne pourra cependant être fermement recommandée que sur la base des résultats qui seront acquis par l'INEAC, tant au point de vue de l'efficacité reconnue de ces méthodes que de leur rentabilité calculée dans des conditions définies.

Actuellement, nous ne pouvons logiquement que préconiser des solutions déjà éprouvées, en nous appuyant sur les résultats acquis par nos essais en divers milieux culturaux.

Nous pouvons donc énumérer une série de recommandations, dont l'usage dans la pratique industrielle ne peut manquer d'apporter de sérieuses améliorations à des situations rendues souvent critiques du fait de la présence des pourridiés.

Nous envisagerons successivement les mesures à prendre dans le cas de plantations à établir sur forêt primaire et le cas de plantations à établir dans divers milieux culturaux.

1. *Plantations à établir sur défrichement forestier.*

— *Choix du type de sol.*

On retiendra de préférence des sols dont la teneur en argile est d'environ 30 % en surface et de plus de 30 % dans le sous-sol.

Les sols légers, contenant 20 % d'argile ou moins, sont à proscrire dans la mesure du possible.

— *Préparation du terrain.*

Diverses modalités peuvent être envisagées :

a) abattage des arbres de la forêt quelques années avant la date prévue de plantation. On sait qu'une jachère naturelle de plusieurs années réduit fortement le taux d'infection par pourridiés dans les plantations adultes d'hévéas. Cette méthode bien qu'économiquement défendable risque cependant de subir des critiques de la part des planteurs qui lui reprocheront de nécessiter des prévisions et des investissements de capitaux à long terme;

b) annélation et empoisonnement des essences forestières avant établissement des plantations d'hévéas, ou encore empoisonnement des souches immédiatement après abattage. Ces techniques, peu coûteuses, sont susceptibles de réduire notablement le nombre de foyers d'infection dans une plantation. Leur efficacité ne pourra cependant être chiffrée que lorsque nous disposerons des résultats attendus des expériences en cours à Yangambi.

— *Densité de la plantation.*

On adoptera de fortes densités initiales de plantation (750 à 1.000 hévéas/ha pour les systèmes classiques de plantation des arbres greffés), avec intervention d'éclaircies sélectives. De deux à cinq ans d'âge, soit jusqu'à la date probable de mise en saignée, les éclaircies seront réalisées sur la base des critères suivants : état sanitaire (infection par les parasites radicicoles) et vigueur des plants. Les éclaircies ultérieures seront basées sur l'état sanitaire et la productivité individuelle.

— *Matériel de plantation et modes d'établissement.*

a) *Clones greffés.*

L'établissement des clones au moyen de stumps greffés autorise l'intervention plus précoce des rondes sanitaires (± 2 ans), ce qui permet de réduire notablement le taux d'infection des plantations.

Le greffage en place, s'il est envisagé, devra s'établir de préférence sur un matériel particulièrement vigoureux, soit sur des porte-greffes soumis à une sélection précoce basée sur le critère de vigueur.

b) *Semenceaux clonaux.*

Pour le matériel d'origine générative, la mise en place directe de graines prégermées avec application d'une technique de présélection en champ sera la méthode la plus recommandable.

— *Fréquence des rondes sanitaires.*

Les inspections sanitaires, intervenant dès l'âge de 2 ou 3 ans, seront à poursuivre régulièrement suivant une fréquence qui ne sera pas inférieure à 6 mois.

La fréquence de 4 mois est en tout cas la plus recommandable, au moins jusqu'à l'âge de 6 ans des plantations. A ce moment, la fréquence de 6 mois pourrait intervenir, pour autant que le taux d'infection par les pourridiés semble marquer une tendance à la stabilisation.

Au delà de 10 ans d'âge, on pourra utilement s'assurer de ce que l'infection est pratiquement jugulée en réalisant une ou deux dernières rondes de contrôle espacées de un an.

— *Traitement curatif.*

Le dégagement des systèmes radiculaires sera accompagné du traitement chirurgical des arbres contaminés ou infectés et ensuite du badigeonnage des portions radiculaires traitées ou blessées au moyen d'une solution de carbolineum à 5 % (ou de brunolinum à 10 %).

La recharge des portions saines de racines amputées des parties malades contribuera à déclencher endéans les 6 mois, suivant l'opération, un processus de régénération qui se marque par l'émission de racines adventives. Ces

portions en voie de régénération ne pourront subir un nouveau dégagement avant une année écoulée.

Un hévéa ne sera considéré comme incurable et extirpé que s'il présente une infection grave affectant les racines latérales et plus de la moitié du volume du pivot.

2. *Plantations à établir dans divers milieux culturaux.*

a) *Plantation de l'hévéa après caféiers ou palmiers.*

Lorsque les extensions prévues pour l'hévéa peuvent s'intégrer dans un complexe de polyculture, on a intérêt à remplacer de vieilles plantations de caféiers ou de palmiers *Elaeis* par des semenceaux d'hévéa.

Dans ces conditions, l'infection par les pourridiés sera assez réduite, potentiellement, pour ne plus devoir nécessiter l'intervention des traitements sanitaires.

On adoptera de préférence pour ces plantations, la technique de présélection en place qui contribuera, non seulement à assurer un haut potentiel productif du matériel, mais encore à permettre la détection et l'élimination précoce des quelques sources d'infection qui auraient persisté sur le terrain.

b) *Plantation de l'hévéa après hévéa.*

Le rajeunissement d'une vieille plantation d'hévéas par de l'hévéa nécessite des précautions spéciales du fait de la réceptivité particulière de cette culture aux pourridiés. En effet, si la plupart des foyers primaires d'infection ont disparu au moment du rajeunissement, il reste des foyers secondaires, constitués par de vieux hévéas infectés. Ceux-ci ne manifestent souvent aucun symptôme caractéristique du mal qui les atteint, probablement du fait de leur vigueur et d'un affaiblissement du pouvoir parasitaire des souches de *Fomes* et d'*Armillaria*.

L'abattage des vieux hévéas peut recréer par contre des foyers de dispersion actifs, ce qui se traduit par des pertes parfois sévères dans les jeunes hévéas de la replantation, et ce, endéans les quelques années qui suivent leur établissement.

En fait, le degré d'infection parmi les jeunes hévéas de la replantation sera fonction de l'état sanitaire de la vieille plantation qui précédait.

Les directives suivantes peuvent être adoptées pour le rajeunissement des plantations âgées :

1) détermination de l'état sanitaire des vieux hévéas soumis à une saignée intensive avant leur élimination.

   Lors du dégagement réalisé, les hévéas reconnus infectés seront extirpés soigneusement. On éliminera toutes les portions radiculaires infectées et on retracera les sources d'infection possibles à partir des cas de contamination observés.

2) Les hévéas considérés comme indemnes de maladies radiculaires pourront alors être annelés et empoisonnés sur pied, ce qui offrira une garantie supplémentaire contre l'infection ultérieure de certaines souches encore vivantes, comme le cas se présente à la suite d'un abattage ordinaire.

3) La replantation, réalisée au moyen de semenceaux à forte densité initiale, autorisera la détection précoce des sources d'infection encore existantes et leur élimination.

Nous avons de bonnes raisons de croire qu'une telle technique de replantation laissera pour la mise en saignée (vers l'âge de 5 ans) une population pratiquement indemne de pourridiés.



Nous sommes persuadés que l'application à la pratique des méthodes et des principes, énumérés en conclusion du présent travail, sera susceptible d'accroître de manière sensible la rentabilité des plantations d'hévéas.

Ainsi, nous espérons que cette mise au point actuelle du problème des pourridiés de l'hévéa pourra apporter un tribut, si modeste soit-il, à l'économie agricole du Congo belge.

RÉSUMÉ

I. - *OBSERVATIONS TOUCHANT LA BIOLOGIE DES PARASITES ET LE COMPORTEMENT DE L'HEVEA.*

1. Les dégâts de pourridiés dans les plantations d'hévéas de la Cuvette centrale congolaise sont imputables à l'action de deux parasites radicicoles : *Fomes lignosus* et *Armillaria mellea.*
2. C'est en forêt primaire que se situent les foyers d'infection les plus nombreux et les plus importants. Plus de 50 % des individus morts sont infectés par les parasites radicicoles. Tous les cas d'infection relevés en forêt se sont établis par contact radiculaire avec du matériel ligneux infecté.
3. Un pourcentage notable des souches d'un défrichement sont capables de survivre durant de longues années et peuvent constituer à plus ou moins longue échéance de nouveaux foyers d'infection.

   Toutes les espèces forestières étudiées se sont avérées susceptibles à l'action des pourridiés après abattage. Mortes ou vivantes, les souches parasitées sont à même de contaminer les hévéas établis sur un défrichement forestier.
4. Une jachère naturelle qui s'établit sur un défrichement contribue à réduire sensiblement le nombre des foyers d'infection endéans les quelques années qui suivent son établissement.

   Il semble que l'annélation des essences forestières avant l'abattage concoure de manière plus radicale encore à la réduction des sources d'infection.
5. Ce sont les grosses masses ligneuses présentes sur un terrain de plantation qui constituent la menace la plus grave et la plus durable pour l'avenir des hévéas.
6. C'est par contact avec du matériel ligneux infecté que les hévéas contractent des maladies radiculaires. Les souches sont responsables de la grande majorité des cas de contamination et d'infection des racines latérales des hévéas.

   Celles-ci transmettent alors la maladie jusqu'aux pivots, lesquels sont moins fréquemment atteints par action directe des souches infectées. Cette observation démontre l'importance qu'il faut attacher à une détection soignée des cas de pourridiés quand ils sont encore localisés sur les racines latérales.

7. L'hévéa est également réceptif aux deux parasites radicicoles. Sa réceptivité aux parasites est accrue par des mutilations affectant son système aérien, ainsi qu'en témoignent les taux d'infection et de mortalité plus élevés pour ces catégories d'individus.
8. Nous n'avons trouvé aucune résistance variétale particulière aux pourridiés parmi les descendances clonales étudiées dans ce but. A l'échelle individuelle par contre, l'hévéa peut extérioriser une remarquable capacité de résistance aux infections, soit en cicatrisant les lésions provoquées par les parasites, soit en émettant des organes de remplacement.
9. Les jeunes hévéas sont plus sensibles que les sujets âgés à l'action des pourridiés. Cette observation implique la nécessité d'une intervention précoce des traitements sanitaires.
10. La production individuelle des hévéas peut être affectée de manière très différente par les maladies radiculaires.
    - Quelque 50 % des arbres infectés par *Fomes lignosus* et 30 % des arbres parasités par *Armillaria* ne marquent aucune réaction dans leur potentiel productif.
    - Les chutes de production ou la cessation totale de production se manifestent principalement à l'occasion des infections affectant le pivot.
    - Des essais de mutilation artificielle ont confirmé le fait que la destruction du pivot exerce l'action la plus déprimante sur la productivité.

      Il se confirme par la même occasion que la sauvegarde des pivots est l'objectif essentiel que doit poursuivre une méthode de lutte.
    - D'une manière générale, l'action marquée sur la production est particulièrement nette pour les cas d'infection provoqués par *Armillaria mellea*.
11. La capacité des hévéas de régénérer les organes radiculaires atteints par les pourridiés est d'autant plus accentuée que les sujets sont plus âgés. Ces réactions sont en effet manifestées par ± 25 % des jeunes sujets et par 80 % des sujets âgés.

    Il existe enfin une nette relation entre cette capacité de régénération des hévéas et la vigueur des sujets.

II. - *DE L'INCIDENCE DES POURRIDIES DANS LES PLANTATIONS D'HEVEAS.*

1. Il existe une relation extrêmement nette entre les types de sol et l'incidence des pourridiés dans les plantations d'hévéas.
    - Les dégâts de pourridiés sont les moins importants dans les sols du type Y_1, les plus lourds de la région. Les taux de mortalité par pourridiés se stabilisent même avec le temps.

— Les sols des types Y_2 et Y_3, par rapport au Y_1, se révèlent aussi nuisibles l'un que l'autre en accentuant la mortalité due aux pourridiés, laquelle est trois fois plus élevée dans le Y_{3a} que dans le Y_1.
— L'*Armillaria mellea* est responsable d'une plus forte proportion de cas de pourridiés dans les sols Y_2 et Y_3. Le *Fomes*, au contraire, marque une nette prédominance dans les sols Y_1 et Y_3

Nous rapprocherons de cette observation, *a priori* étonnante, quelques remarques touchant les caractéristiques des sols précités :
— Si on considère les valeurs du pF qui correspondent au « Field Capacity » et au « Permanent Wilting point » des différents sols, on constatera que les sols Y_2 et Y_3 sont en fait dotés d'un même domaine d'eau utile (« Readily Available Water »).
— Le sol Y_{3a}, plus rapproché de la nappe phréatique, trouve là une compensation au déficit en eau disponible qui affecte ce sol léger par rapport aux sols du type Y_1.
Ces observations situeraient une prédominance du *Fomes* dans les sols mieux pourvus en eau disponible, cependant que l'*Armillaria* serait favorisé par des sols légers et modérément humides des types Y_2 et Y_3.
— Sur le plan expérimental, l'influence marquée par les types de sol doit inciter à la plus grande prudence tant pour l'interprétation des données bibliographiques que pour l'établissement d'essais axés sur l'étude des maladies radiculaires. Les écarts maxima enregistrés entre les taux de mortalité issus des sols Y_1 et Y_3 (15 %) sont en effet supérieurs à beaucoup de différences observées dans des expériences qui étudiaient l'influence de diverses techniques culturales ou procédés de lutte sur l'incidence des pourridiés.
— Sur le plan pratique, on peut conclure à la nécessité d'établir des plantations d'hévéas sur des sols du type Y_1, et *a fortiori* quand elles sont installées sur un défrichement forestier récent.

2. L'étude des parcelles témoins a montré que des plantations d'hévéas peuvent avoir leur occupation réduite, dès l'âge de 10 ans, à 50 % de la densité observée à 2 ans, et ce par le seul fait des pourridiés.
Le rythme des disparitions observées ne marque d'ailleurs aucune tendance à la stabilisation des dégâts. Des plantations établies à densité normale sont ainsi réduites à une centaine d'hévéas par ha à l'âge de 15 ans.

3. Seul le témoin d'existences, en laissant un milieu non perturbé, donne l'image exacte de la gravité de l'infection due aux pourridiés. La comparaison de ces témoins avec les parcelles en traitement se fait sur la base des taux de mortalité par pourridiés, seule expression reconnue rigoureuse pour définir la gravité des attaques radiculaires.

4. La méthode standard de lutte appliquée aux champs d'hévéas est efficace. Cette efficacité s'est traduite de diverses manières :
   1) le traitement amène une nette réduction du taux de mortalité imputable aux pourridiés, quels que soient le mode d'ouverture et le degré d'infection des champs traités. Pour le cas classique de plantations établies par non-incinération avec recru naturel, l'occupation à l'ha passe par exemple de 350 arbres à l'âge de 5 ans à 140 et 270 arbres à l'âge de 15 ans, respectivement en parcelles témoins et traitées.
   2) l'application du traitement amène à une stabilisation de la courbe de mortalité vers l'âge de 10 ans, ce qui permet d'envisager la diminution de fréquence des rondes sanitaires, soit même leur suppression.
   3) le traitement s'avère plus efficace sur le pourridié à *Fomes* que sur le pourridié à *Armillaria mellea*. Le *Fomes*, dont le parasitisme est plus néfaste pour l'hévéa que celui d'*Armillaria*, s'attribue systématiquement les taux de mortalité les plus élevés.
      Au cours du temps, on note une régression du taux d'infection imputable à *Fomes lignosus* et un accroissement d'incidence relative d'*Armillaria mellea*, lequel devient à un certain âge le seul ennemi dangereux encore en présence de l'hévéa.
   4) l'efficacité du traitement s'est encore révélée à l'occasion de l'étude portant sur l'évolution comparée des cas d'attaques en parcelles témoins et traitées.
      Le traitement a maintenu, dans les parcelles auxquelles il était appliqué, des taux d'arbres sains nettement supérieurs aux témoins, ce qui démontre son effet préventif.
      Outre la réduction des taux de mortalité, le traitement a encore assuré la guérison notable de nombreux cas de pourridiés envisagés, quelle que soit leur gravité. Le traitement a marqué son plus grand succès relatif sur les cas d'infection des racines.
5. Des techniques culturales se sont avérées efficaces dans la lutte contre les pourridiés.
   1) L'incinération et la non-incinération des abattis n'ont pas marqué de différences valables dans les taux de mortalités par pourridiés, étant donné qu'un même couvert naturel se rétablissait dans les deux objets envisagés.
   2) L'âge du défrichement influence très nettement la réduction du taux de mortalité par pourridiés.
      Des plantations établies sur défrichements âgés d'au moins 10 ans avec des précédents culturaux constitués de plantes peu susceptibles aux parasites (caféiers, palmiers *Elaeis*) ne nécessitent plus d'intervention sur le plan sanitaire.

3) La forte densité de plantation n'engendre pas des taux de mortalité plus élevés, mais au contraire tend à réduire l'infection due aux pourridiés.

   Cette technique constitue en fait un procédé indirect de lutte de toute première valeur.

4) Les diverses plantes de couvertures étudiées, érigées ou rampantes, n'ont pas marqué d'écarts significatifs quant à l'action escomptée sur l'incidence des pourridiés.

5) La mise en place directe des semenceaux ou des stumps greffés est une technique qui autorise une intervention plus précoce des traitements sanitaires et, partant, une réduction de l'intensité des dégâts de pourridiés.

3. - *CONCLUSIONS.*

Nous en arrivons ainsi aux buts que nous nous étions assignés dans ce travail.

Nous nous étions posés la question de savoir si les pourridiés constituaient une grave menace pour les plantations d'hévéas situées en diverses conditions et si des procédés de lutte à la fois efficaces et économiques pouvaient être préconisés.

Nous avons obtenu les réponses suivantes :

— Des plantations d'hévéas, établies après défrichement forestier, subissent du fait des pourridiés des dégâts importants qui mettent rapidement en péril l'économie de l'exploitation.

— La méthode de lutte standard, telle que nous l'avons définie, est efficace et économique pour lutter contre les maladies radiculaires.

  Cette méthode est efficace en :

  — réduisant les taux de mortalité imputables aux pourridiés;
  — augmentant les taux de guérison parmi les arbres attaqués;
  — maintenant des taux plus élevés d'arbres sains (action préventive);
  — favorisant la régénération des portions radiculaires lésées par l'action des pourridiés.

  Cette méthode est économique en :

  — provoquant des accroissements de rendement de 35 à 40 % par rapport aux témoins non traités;
  — réduisant le prix de revient du kg de caoutchouc issu des champs en traitement.

  Des procédés culturaux sont à considérer comme méthodes indirectes de lutte contre les pourridiés :

  — le mode de plantation;

— la forte densité de plantation;
— la plantation après des jachères d'un certain âge ou après des cultures peu sensibles à l'action des parasites radicicoles.

Cette dernière technique est la plus efficace, car elle supprime la nécessité d'intervenir avec la méthode de lutte standard et elle est aussi la plus économique, puisqu'elle contribuera à réduire encore le prix de revient du kg de caoutchouc.

*

* *

En nous plaçant sous l'angle phytotechnique, nous pouvons considérer que le problème des pourridiés de l'hévéa a trouvé maintenant des solutions pratiques, efficaces et économiques.

Sur la base des recherches de ces six dernières années, il a été possible d'énoncer une série de recommandations dont l'usage en hévéaculture est à même d'éliminer la grave menace qui plane sur les plantations congolaises d'hévéas établies dans des milieux infectés par les pourridiés.

Des études en cours au Centre de Recherches de l'INEAC à Yangambi contribueront, dans les prochaines années, à apporter d'autres solutions, peut-être plus simples et plus efficaces encore, au problème des pourridiés en hévéaculture.

La mise au point qui a été faite dans le présent travail aura au moins permis de suggérer des méthodes de lutte dont l'efficacité est prouvée et d'ouvrir la voie aux recherches complémentaires qui s'avèrent nécessaires pour apporter une solution définitive au problème traité.

BIBLIOGRAPHIE

(Un astérisque devant le numéro de référence indique que nous n'avons pu disposer de l'original, mais seulement d'un résumé.)

(1) ***, Botanical and Mycological Department, Rept Rubb. Res. Board Ceylon 1943, p. 5-12 (1944).

(2) ***, Handboek voor de rubbercultuur in Nederlandsch Indië, Rubber-Proefstations in Nederlandsch Indië, Amsterdam (1921).

(3) ***, Iets over ziekten van Hevea en de bestrijding, *Agric. Bull. F.M.S.*, V., 8-9, p. 300 (1917).

(4) ***, De witte Wortelschimmel, Korte gegevens betreffende ziekten en plagen der cultuurgewassen, Instituut voor Plantenziekten, Circ. n° 4 (1912).

(5) ***, Ziekten en Plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië - Jaarlijks overzicht, 1913-1923, Ziekten van Hevea, *Meded. Lab. Plantenziekten*, Buitenzorg, n° 9, p. 6 et 23; n° 15, p. 11, 14 et 16; n° 20, p. 10; n° 29, p. 10; n° 33, p. 9; n° 36, p. 15; n° 37, p. 15; n° 46, p. 15; n° 53, p. 15; n° 64, p. 16.

(6) ***, Le caoutchouc d'Hévéa. Initiation aux méthodes d'exploitation en Indochine. Institut Français du caoutchouc, Paris (1945).

(7) ***, *Meded. alg Proefst. AVROS.*, Verslag van den Directeur
- Juli 1916 - Juni 1917 - Alg. ser. n° I, p. 30.
- Juli 1917 - Juni 1918 - Alg. ser. n° III, p. 15-18.
- Juli 1918 - Juni 1919 - Alg. ser. n° VII, p. 42-52.
- Juli 1919 - Juni 1920 - Alg. ser. n° IX, p. 27.
- Juli 1920 - Juni 1921 - Alg. ser. n° XIII, p. 14-21.
- Juli 1921 - Juni 1922 - Alg. ser. n° XIV, p. 14.
- Juli 1922 - Juni 1923 - Alg. ser. n° XVI, p. 16.
- Juli 1923 - Juni 1924 - Alg. ser. n° XVIII, p. 17.

(8) ***, Invloed van leguminosendek, « Controlled forestry » en « clean weeding » op de uitbreiding van de witte wortelschimmel, Notulen Besoekische Landb. Vereeniging, *Bergcultures*, XI, 27, p. 1005-7 (1937).

* (9) ***, Jaarverslag over de jaren 1914-1922, *Meded. Proefstation Malang*, n° 9, p. 11; n° 12, p. 8; n° 16, p. 6; n° 34, p. 4; n° 42, p. 9.

(10) ***, Publications de l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge (INEAC).
- Rapport annuel pour l'exercice 1936 (1937).
- Rapport annuel pour l'exercice 1937 (1938).
- Rapport annuel pour l'exercice 1938, 2 vol. (1939).
- Rapport annuel pour l'exercice 1939 (1941).
- Rapports pour les exercices 1940 et 1941 (1943).
- Rapports pour les exercices 1942 et 1943 (1944).
- Rapports pour les exercices 1944 et 1945 (1947).
- Rapport annuel pour l'exercice 1946 (1948).
- Rapport annuel pour l'exercice 1948 (1949).
- Rapport annuel pour l'exercice 1949 (1950).
- Rapport annuel pour l'exercice 1950 (1951).
- Rapport annuel pour l'exercice 1951 (1952).
- Rapport annuel pour l'exercice 1952 (1953).

* (11) ***, Rubber production in the Amazon valley. Report by the crude Rubber Survey, *India Rubb. Jl*, LXX, 22, p. 13-20 (1925).

* (12) ***, Rubber Research Scheme (Ceylon), Third Report of the Executive Committee 1924, 27 pp. (1925).

* (13) ***, Verslag van 's Lands Caoutchouc-Bedrijf over 1918, extr. : *Arch. Rubbercult. Ned. Indië*, V. 10, p. 505 (1921).

* (14) ***, Verslag van 's Lands Caoutchouc-Bedrijf over 1921, extr. : *Arch. Rubbercult. Ned. Indië*, VIII, 2, p. 108 (1924).

* (15) Allan, J.G., Soil covers on rubber plantations, *India Rubb. Jl*, XCVI, 25, p. 724-8 (1938).

(16*a*) Altson, R.A., Report for the period September 1945 to December 1948 of the Pathological Division of the Rubber Research Institute of Malaya, p. 96-190 (1950).

(16*b*) Altson, R.A., Annual Reports for 1949-51 of the Pathological Division of the Rubber Research Institute of Malaya (1953).

(17) Altson, R.A., Report for the period January 1941 - August 1945 of the Pathological Division of the Rubber Research Institute of Malaya, p. 42-68 (1950).

(18) Artsz, C., Iets over roode wortelschimmel-bestrijding in de theetuinen, *Bergcultures*, X, 2, p. 52-3 (1936).

* (19) Bally, W., Wortelschimmels bij rubber en koffie, Notulen n° XXII, Proefst. Malang, p. 25-37 (1923).

(20) Bally, W., Twee zwarte wortelschimmels van Hevea, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië*, XIII, 8, p. 431-47 (1929).

(21) Bally, W., Nieuwe wortelschimmels bij koffie, *Bergcultures*, III, 65, p. 1669-75 (1929).

(22) Bally, W., De zwarte wortelschimmels van koffie, *Arch. Koffiecult. Ned. Indië*, IV, 1, p. 1-16 (1930).

* (23) Bally, W., « Handboek voor de Koffiecultuur », Eerste deel : De ziekten van de koffie, De Bussy, Amsterdam (1931).
* (24) Bancroft, C.K., Brown Root disease of Para Rubber, *Agric. Bull. F.M.S.*, X, 4, p. 106-8 (1911).
* (25) Bancroft, C.K., A Root disease of the Para Rubber Tree Fomes semitostus Berk.), *Bull. n° 13, Dept Agric. F.M.S.* 30 pp. (1912).
(26) Bateson, E., Rubber in North Borneo. Annual Report for 1926 of the Mycologist and Agricultural Adviser, *Bull. Rubb. Growers' Assoc.*, IX, 8, p. 511-3 (1927).
(27) Bateson, E., Rubber in Borneo. Annual Report for 1932 of the Mycologist and Agricultural Adviser, *Bull. Rubb. Growers' Assoc.*, XV, 6, p. 323-5 (1933).
(28) Beeley, F., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1935, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 101-16 (1936).
(29) Beeley, F. et Napper, R.P.N., Pathological Division, *in Ann.* Rept 1936, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 77-98 (1937).
(30) Beeley, F., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1937, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 128-56 (1938).
(31) Beeley, F., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1938, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 115-43 (1939).
(32) Beeley, F., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1939, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 156-95 (1940).
(33) Beeley, F., Pests and diseases, *in* Ann. Rept 1940, Rubb. Res. Inst. Malaya, pp. 10-2, 89-100 (1941).
(34) Beeley, F., Pathological Division, *in* Report for the period January 1941 to August 1945, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 41-56 (1950).
(35) Belgrave, W.N.C., A Root Disease of plantation Rubber in Malaya due to Poria hypolateritia Berk. Preliminary report, *Agric. Bull. F.M.S.*, IV, p. 347-50 (1916).
* (36) Belgrave, W.N.C., Root Disease of Hevea and clean clearing, *Agric. Bull. F.M.S.*, V, 8-9, p. 318-26 (1917).
* (37) Belgrave, W.N.C., A Wet-rot of Para rubber roots, *Bull. n° 28, Dept Agric. F.M.S.* (1919).
(38) Benton, V. et Ehrlich, J., Variations in culture of several isolates of Armillaria mellea from western white pine, *Phytopathology*, XXXI, 9, p. 803-11 (1941).
* (39) Bernard, C., Notes de Pathologie végétale. I. Sur quelques maladies de Thea assamica, de Kickxia elastica et de Hevea brasiliensis, *Bull. Dép. Agric. Ind. néerl.*, VI, p. 1-55 (1907).

* (40) Bernard, C., Notes de Pathologie végétale. III. Sur quelques maladies des plantes à caoutchouc, *Bull. Dép. Agric. Ind. néerl.*, XII, p. 1-79 (1907).
* (41) Bernard, C. et Palm, B., Over de door schimmels veroorzaakte wortelziekten van de theeplant, *Meded. Proefst. Thee,* LXI, pp. 11, 28 (1919).
* (42) Bernard, C., Aanvullende mededeelingen over de wortelziekten van de thee, *Meded. Proefst. Thee,* LXI,a (1919).
* (43) Bernard, C., Wortelziekten bij Thee en Rubber, *Thee,* V, III, p. 75-9 (1924).
(44) Bernard, H.W.R. et Minor, E.C.K., A method of controlling Fomes and other Root Diseases in replanted Rubber areas, *Trop. Agriculturist,* LXXXIX, 3, p. 135-40 (1937).
* (45) Bertus, L.S., Plant Pathology, Adm. Rept Dir. Agric. Ceylon 1942, p. D5 (1943).
(46) Berwick, E.J.H., The removal of standing Rubber on coastal clays, *Malayan agric. Jl,* XXXII, 4, p. 298-303 (1949).
* (47) Bliss, D.E., Artificial inoculations of plants with Armillaria mellea, *Phytopathology,* XXXI, 9, p. 859 (1941).
* (48) Bliss, D.E., The relation of soil temperature to Armillaria root rot in California, *Phytopathology,* XXXI, 1, p. 3 (1941).
(49) Bliss, D.E., Moore, D.C. et Bream, C.E., Air and soil temperature in a California date garden, *Soil Sci.,* LIII, p. 55-64 (1942).
(50) Bliss, D.E., Air and soil temperatures in a California citrus orchard, *Soil Sci.,* LVIII, 4, p. 259-74 (1944).
(51) Bliss, D.E., The relation of soil temperature to the development of Armillaria root rot, *Phytopathology,* XXXVI, 4, p. 302-18 (1946).
(52) Bobilioff, W., Onderzoekingen over de roode wortelschimmel bij Hevea, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* XIII, 2, p. 98-117 (1929).
(53) Borget, M., Nouvelles recherches sur les champignons parasites de l'Hévéa en Indochine, *Rev. int. Bot. appl.,* XXIX, 317-318, p. 117-23 (1949).
(54) Bouriquet, G., Les maladies du Caféier à Madagascar, *Agron. col.,* XXXII, 193, p. 1-10; 194, p. 42-8; 195, p. 73-82; 196, p. 109-18 (1934).
(55) Braconnier, C., Lutte contre le Fomes à la Plantation de Bongabo, Rapport d'inspection du Service des Plantations expérimentales de l'INEAC (non publié).
* (56) Brooks, F.T., A new disease of plantation Rubber in Malaya, *Agric. Bull. F.M.S.,* III, 3, p. 105-7 (1914).

* (57) Brooks, F.T., Root Disease of Para Rubber caused by *Sphaerostilbe repens*, *Agric. Bull. F.M.S.*, III, 2, p. 40-3 (1914).
(58) Brooks, F.T. et Sharples, A., Fungoid Diseases of Rubber-trees in Malaya. Introductory Paper for the Discussions, Rept Int. Rubbercongres, Batavia, p. 41-51 (1914).
(59) Brooks, F.T., A disease of plantation Rubber caused by *Ustulina zonata*, *New Phytologist*, XIV, 4-5, p. 152-64 (1915); *Bull. N° 22, Dept Agric. F.M.S.* (1915).
(60) Brooks, F.T., Observations on some Diseases of plantation Rubber in Malaya, *Ann. appl. Biol.*, II, 4, p. 209-27 (1916).
(61) Bryce, G., Report on the work of the botanical and mycological Division, Rept Dept Agric. Ceylon 1920, p. 13-5 (1921).
(62) Bryce, G., The toxicity of lime to Fomes lignosus Klotzsch. Bull. 64, Dept Agric. Ceylon, 17 pp. (1922); extr. : *Arch. Rubbercult. Ned. Indië*, VII, 5, p. 243-4 (1923).
(63) Bryce, G., The toxic effect of lime on Fomes lignosus Klotzsch, *Trop. Agriculturist*, LX, 2, p. 101 (1923).
* (64) Bunting, R.H. et Dade, H.A., Gold Coast Plant Diseases, Posters - London Waterlow and Sons, 124 pp. (1924).
* (65) Butler, E.J., Fungi and disease in plants, Pusa Agric. Res. Inst., Calcutta, 429 pp. (1918).
(66) Butler, E.J., Report on some diseases of tea and tobacco in Nyasaland, Dept Agric. Nyasaland (1928).
* (67) Campbell, W.G., The chemistry of white root rots of wood. II. The effect on wood substance of Armillaria mellea (Vahl) Fr., Polyporus hispidus (Bull.) Fr. and Stereum hirsutum Fr., *Biochem. Jl*, XXV, 6, p. 2023-7 (1931).
* (68) Campbell, W.G., The chemistry of white root rots of wood. III. The effect on wood substance of Ganoderma applanatum (Pers.) Pat., Fomes fomentarius (Linn.) Fr., Armillaria mellea (Vahl) Fr., *Biochem. Jl*, XXVI, 6, p. 1829-36 (1932).
(69) Campbell, W.G., Zone lines in plant tissues. II. The black lines formed by Armillaria mellea (Vahl) Quél., *Ann. appl. Biol.*, XXI, 1, p. 1-22 (1934).
* (70) Carter, J.C., Fungi associated with oak diseases, *Phytopathology*, XXVIII, 1, p. 4-5 (1938).
(71) Cartwright, K.G. et Findlay, W.P.K., Studies in the Physiology of wood-destroying fungi, *Ann. Bot.*, Londres, XLVIII, 190, p. 481-96 (1934).
(72) Childs, L. et Zeller, S.N., Observations on Armillaria root rot of orchard trees, *Phytopathology*, XIX, 9, p. 869-73 (1929).
* (73) Chipp, T.F., « Another Wet Rot and Poria hypobrunnea », *Garden's Bull.*, Straits Settlements, II, 12, p. 429-32 (1921).

* (74) Christensen, C.M., Root rots of pines caused by Armillaria mellea, *Phytopathology,* XXVIII, 1, p. 5 (1938).
(75) Coleman, D.A., Environmental factors influencing the activity of soil fungi, *Soil Sci.,* II, 1, p. 1-65 (1916).
(76) Colenbrander, H., Behandeling van aan Fomes semitostus lijdende 3-jarige Hevea brasiliensis. Praeadvies, Verslag Int. Rubbercongres, Batavia, p. 47-51 (1914).
(77) Collet, O.J.A., L'Hévéa asiatique. Suite aux études pour une plantation d'arbres à caoutchouc, Publ. Soc. Et. col. Belgique, 2e éd. (1903).
(78) Cooley, J.S., Armillaria Root Rot of fruit trees in the Eastern United States, *Phytopathology,* XXXIII ,9, p. 812-7 (1943).
(79) Corner, E.J.H., The identity of the fungus causing wet-root rot of Rubber trees in Malaya, *Jl Rubb. Res. Inst. Malaya,* III, 2, p. 120-3 (1931).
(80) Corner, E.J.H., The identification of the Brown-root fungus. *Garden's Bull.,* Straits Settlements, V, 12, p. 317-50 (1932).
(81) Costantin, J., Biologie culturale et pathologique de l'*Hevea brasiliensis* en Indochine, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* Sér. 10, t. 11, p. 1-14 (1929).
(82) Cramer, P.J.S., La culture de l'Hévéa, Manuel du Planteur, De Bussy, Amsterdam (1911).
(83) Cronshey, J.F.H. et Barclay, C., Replanting in areas infested by root disease. Preliminary results obtained from an experiment on low land on Sumatra's East Coast, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* XXIII, p. 163-72 (1939).
* (84) Dade, H.A., Collar crack of cacao [Armillaria mellea (Vahl) Fr.], Dept Agr. Gold Coast, Bull. 5, 21 pp. (1927).
* (85) Day, W.R., The parasitism of Armillaria mellea in relation to conifers, *Quart. Jl Forestry,* XXI, p. 9-21 (1927).
* (86) Day, W.R., Environment and disease. A discussion on the parasitism of Armillaria mellea (Vahl) Fr., *Forestry,* III, 2, p. 94-103 (1929).
(87) De Fluiter, H.J., Wortelschimmel en Hevea herontginningen, *Bergcultures,* XII, 37, p. 1258-66 (1938).
(88) De Fluiter, H.J., Enkele minder bekende wortelschimmels van Koffie en Rubber, *Bergcultures,* XIII, 8, p. 236-43 (1939).
* (89) Deighton, F.C., Mycological Section, Ann. Rept, Lands and Forests Dept Sierra-Leone 1927, p. 13-7 (1928).
(90) De Jong, W.H., Het parasitisme van *Rigidoporus microporus* (Swartz) Van Overheem, syn. *Fomes lignosus* Klotzsch, bij *Hevea brasiliensis, Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* XVII, 4-6, p. 83-104 (1933).

(91) De Poerck, R., Rapport sur les recherches et les observations concernant la lutte anti-Fomes dans les champs d'Hévéa d'Extrême-Orient, 1944, Rapport de Division de l'INEAC (non publié).

(92) De Poerck, R., Observations sur le Fomes dans les champs de Yangambi, 1944-1945, Rapport de Division de l'INEAC (non publié).

(93) De Poerck, R., La lutte contre les pourridiés de racine en Hévéaculture, 1945, Rapport de Division de l'INEAC (non publié).

(94) De Poerck, R., Sur un nouveau procédé de lutte contre les pourridiés en Hévéaculture, *Bull. Séan. Inst. Roy. Col. Belge,* XVII, 3, p. 980 (1946).

(95) De Silva, C.A., Botanical and Mycological Department, Rept Rubb. Res. Board Ceylon 1948, p. 5-13 (1949).

(96) De Wildeman, E., Plantations et maladies de l'Hévéa, *Rev. Bot. appl.,* VI, 53, p. 18-22 (1926).

* (97) Doak, K.D., Cortical parasitism of conifer-seedling roots in pure culture by mycorrhizal and nonmycorrhizal fungi, *Phytopathology,* XXIV, 1, p. 7 (1934).

* (98) Dufrenoy, J., Biologie de l'Armillaria mellea, *Bull. Soc. Path. vég. France,* IX, 4, p. 277-80 (1922).

(99) Edgar, A.T., Manuel of Rubber Planting (Malaya), Incorp. Soc. Planters, Kuala Lumpur F.M.S. (1937).

(100) Edgecombe, A.E., The growth rate of several wood inhabiting fungi, *Phytopathology,* XXXI, 9, p. 825 (1941).

(101) Fernando, M., The incidence of Plant disease in Ceylon in relation to environmental factors. *Trop Agriculturist,* XCV, 2, p. 72-8 (1940).

(102) Focan, A., Kuczarow, W. et Laudelout, H., L'influence de l'incinération sur l'incidence des maladies radiculaires (Observations préliminaires), *Bull. agr. Congo belge,* XLI, 4, p. 921-4 (1950).

* (103) Gallagher, W.J., Root diseases of Hevea brasiliensis, the Para Rubber tree in 1909, *Bull. n° 2, Dept Agric. F.M.S.* (1909).

(104) Gandrup, J., Opmerkingen over wortelziekte bij Hevea, *Bergcultures,* II, 2, p. 33-5 (1928).

(105) Gandrup, J., Een eenvoudige methode voor het onderzoek van wortelzieke bomen, *Bergcultures,* III, 73, p. 1871 (1929).

(106) Garrett, S.D., Soil-borne fungi and the control of root disease, Imp. Bur. Soil Sci., Tech. Comm. 38, 54 pp. (1939).

* (107) Garrett, S.D., Soil conditions and the Root-infecting fungi, *Biol. Rev.,* XIII, p. 159-85 (1938).

(108) Garrett, S.D., Ecology of the root inhabiting fungi, *Biol. Rev.,* XXV, 2, p. 220-54 (1950).

(109) Garrett, S.D., Root disease fungi, Chronica botanico, Waltham, 177 pp. (1944).
* (110) Godfrey, G.H., Control of Soil Fungi by fumigation with chloropicrin, *Phytopathology,* XXIV, 10, p. 1146-7 (1934).
(111) Grantham, J. et Bishop, O.F., Root systems of Hevea on different soils. *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* VI, 7, p. 231-47 (1922).
(112) Hansford, C.G., Annual Report of the government Mycologist for the period October 11th, 1926, to December 31st, 1927. Ann. Rept Agric. Uganda 1927, p. 37-42 (1928).
(113) Hansford, C.G., Annotated Host List of Uganda Parasitic Fungi and Plant Diseases, *East Afr. agric. Jl,* II, p. 498-504 (1937).
(114) Hansford, C.G., Whelan et De Silva, C.A., Agricultural Experimental work of Rubber Res. Scheme. Introduction, *Quart. Circ. Rubb. Res. Scheme,* Ceylan, XXIV, 3-4, p. 3-26 (1949).
* (115) Hanson, E.W., Parasitism and Physiologic Specialization in Fomes lignosus, *Phytopathology,* XXVIII, 1, p. 8 (1938).
* (116) Harrar, J.G., Factors affecting the pathogenicity of Fomes lignosus Klotzsch, Tech. Bull. Minnesota Agric. Expt St. n° 123, 28 pp. (1937).
* (117) Hartig, R., Wichtige Krankheiten der Waltbaume, Berlin, p. 125-6 (1874).
(118) Hendrickx, F.L., Sylloge fungorum congensium. Catalogue des champignons signalés au Congo belge et au Ruanda-Urundi, Publ. INEAC, Sér. scient. n° 35, 216 pp. (1948).
* (119) Hendrickson, A.H., Oak fungus in orchard trees, Calif. Agr. Exp. Stat. Circ. 289, p. 1-13 (1925).
(120) Heubel, G.A., Beknopt overzicht van de Rubber en Theecultuur in het rayon Buitenzorg gedurende 1936, *Bergcultures,* XI, 14, p. 475-80 (1937).
(121) Heubel, G.A., Beknopt overzicht van de ondernemingscultures in het rayon Zuid-Sumatra gedurende 1937, *Bergcultures,* XII, 22, p. 678-89 (1938).
(122) Heubel, G.A., Beknopt overzicht van de ondernemingscultures in het rayon Zuid-Sumatra gedurende 1938, *Bergcultures,* XIII, 23, p. 768-82 (1939).
* (123) Hewitt, L.J., A Survey concerning a Native Pathogen, Armillaria mellea, *Phytopathology,* XXIV, 10, p. 1142 (1934).
* (124) Hope, R.J.H., Diseases on Rubber plantations, *India Rubb. Jl,* LVII, 5 (suppl.), p. 189-91 (1919).
(125) Hopp, H., The formation of colored zones by wood destroying fungi in culture, *Phytopathology,* XXVIII, 9, p. 601-20 (1938).

* (126) Hotson, J.W., Armillaria mellea in mines and wells, *Phytopathology,* XVIII, 11, p. 948 (1928).
(127) Kalis, K.P., Beknopt overzicht van de Rubber- en Thee-cultuur in het rayon « Bandjar - Tasikmala - Garoet », *Bergcultures,* XII, 13, p. 375-80 (1938).
(128) Keuchenius, A.A.M.N., Overzicht van de ondernemingscultures in het rayon West-Sumatra gedurende 1938, *Bergcultures,* XIII, 18, p. 569-76 (1939).
(129) King, T.H., Physiologic specialization in Fomes lignosus, *Phytopathology,* XXIX, 1, p. 14 (1939).
(130) Kogo Togashi, Biological characters of Plants Pathogens. Temperature relation, Meibundo, Tokyo, 478 pp. (1949).
(131) Lanphere, W.M., Enzymes of the rhizomorphs of Armillaria mellea, *Phytopathology,* XXIV, 12, p. 1244-9 (1934).
* (132) Leach, R., Report of the Mycologist for 1931, Ann. Rept Dept Agric. Nyasaland 1931, p. 47-50 (1932).
* (133) Leach, R., Report of the Mycologist for 1933, Ann. Rept Dept Agric. Nyasaland 1933, p. 54-5 (1934).
* (134) Leach, R., Report of the Plant Pathologist, Ann. Rept Dept Agric. Nyasaland 1935, p. 26-8 (1936).
(135) Leach, R., Observations on the root parasitism and control of Armillaria mellea, *Proc. Roy. Soc.,* Ser. B, LXXI, 825, p. 561-73 (1937).
(136) Leefmans, S., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1926, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 73, 60 pp. (1927).
(137) Leefmans, S., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1928, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 75, 96 pp. (1929).
(138) Leefmans, S., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1929, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 79 (1930).
(139) Leefmans, S., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Oost-Indië in 1929, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 79, 100 pp. (1931).
(140) Leefmans, S., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Oost-Indië in 1930, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 81, 84 pp. (1933).
(141) Leefmans, S., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Oost-Indië in 1931, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 82, 92 pp. (1934).
(142) Leplae, E., La culture de l'Hévéa au Congo belge, *Rev. Bot. appl.,* VI, 56, p. 204-18 (1926).

(143) Limasset, P. et Darpoux, H., Principes de Pathologie végétale, Dunod, Paris (1951).
* (144) Lloyd, C.G., Synopsis of the genus Fomes. Bull. Lloyd Libr. Bot. Parm. mat. med., Mycol. ser., p. 230-45 (1915).
(145) Maas, J.G.J.A., Herkenning en bestrijding van de voornaamste ziekten en beschadigingen van Hevea brasiliensis, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* V, 2, p. 55-65 (1921).
(146) Macdonald, J.A., Introduction to Mycology, Butterworths Scient. Publ., Londres, 177 pp. (1951).
(147) Mc Lennan, E., The growth of Fungi in soil, *Ann. appl. Biol.,* XV, 1, p. 95-109 (1928).
(148) Mallamaire, A., Sur quelques pourridiés en Côte d'Ivoire. *Rev. Bot. appl.,* XV, 168, p. 603-8 (1935).
(149) Mallamaire, A., Note sur quelques maladies des légumineuses d'ombrage et de couverture en Afrique occidentale, C. R. Conf. Afric. des Sols, Goma 1948, *Bull. agric. Congo belge,* XL, 2, p. 1831-44 (1949).
(150) Marchal, E., Manil, P. et Vanderwalle, R., Eléments de Pathologie végétale appliquée à la Phytotechnie, Duculot, Gembloux, 4e éd., 539 pp. (1948).
(151) Martin, W.J., Diseases of the Hevea Rubber tress in Mexico, 1943-1946, *Plant Dis. Rptr,* XXXI, 4, p. 155 (1947).
* (152) Maublanc, A., Les maladies des plantes cultivées dans les pays chauds, *Agric. prat. Pays chauds,* IX, 80, p. 314-24 (1909).
* (153) Mitchell, J., Some diseases of Hevea brasiliensis, The Rubber Industry, Londres, p. 180-9 (1911).
* (154) Mitchell, J., Ceylon Rubber Research Scheme. The work done in 1921-1922, *Malayan Tn Rubb. Jl,* XII, 15, p. 929-30 (1923).
* (155) Mitchell, J., Organizing Secretary's Report on visits to Estates, p. 14-6 (1930).
(156) Moore, A., Rubber growing : elementary principles and practice, Plant. Manual Rubb. Res. Inst. Malaya, 7, 82 pp. (1938).
(157) Moreau, C., Les maladies parasitaires des principales cultures coloniales. Revue bibliographique, *Rev. Mycologie,* Suppl. colon., XIII, 2, p. 49-62 (1948).
* (158) Morstatt, H., Einführung in die Pflanzenpathologie, Borntraeger, Berlin, I (1923).
* (159) Morstatt, H., Kaffee Schädlinge und Krankheiten Africas, Mittler und Sohn, Berlin, 119 pp. (1937).
(160) Murray, R.K.S., A note on cover crops in relation to root diseases of Rubber. (Contribution from Rubber Res. Scheme), *Trop. Agriculturist,* LXXI, 4, p. 233-6 (1928).

* (161) Murray, R.K.S., Mycologist's Report for 1929. Eight Rept Exec. Cttee, Rubb. Res. Scheme, Ceylan, p. 31-4 (1930).
(162) Murray, R.K.S., Diseases of Rubber in Ceylon, 1929, *Trop. Agriculturist,* LXXIV, 2, p. 75-8 (1930).
(163) Murray, R.K.S., Diseases of Rubber in Ceylon, 1930, *Trop. Agriculturist,* LXXVI, 5, p. 270-3 (1931).
* (164) Murray, R.K.S., Diseases of Rubber in Ceylon, 1931, *Quart. Circ. Res. Scheme,* Ceylan, VIII, 4, p. 39-41 (1931).
(165) Murray, R.K.S., Diseases of Rubber in Ceylon, 1931, *Trop. Agriculturist,* LXXVIII, 2, p. 86-8 (1932).
(166) Murray, R.K.S., Diseases of Rubber in Ceylon, 1932, *Trop. Agriculturist,* LXXX, 4, p. 214-7 (1933).
* (167) Murray, R.K.S., Diseases of Rubber in Ceylon, 1933, *Quart. Circ. Rubb. Res. Scheme,* Ceylan, XI, 1, p. 17-9 (1934).
(168) Murray, R.K.S., Report of the Botanist and Mycologist, Rept Rubb. Res. Board Ceylon 1937, p. 22-3 (1938).
(169) Murray, R.K.S., Root disease with special reference to replanting. *Quart. Circ. Rubb. Res. Scheme,* Ceylan, XV, 1, p. 24-31 (1938).
(170) Murray, R.K.S., Report of the Botanist and Mycologist, Rept Rubb. Res. Board Ceylon 1938, p. 29-50 (1939).
* (171) Murray, R.K.S., Report of the Botanist and Mycologist, Rept Rubb. Res. Board Ceylon 1939, p. 48-71 (1940).
* (172) Murray, R.K.S., Report of the Botanist and Mycologist, Rept Rubb. Res. Board Ceylon 1940, p. 46-68 (1941).
(173) Napper, R.P.N., A scheme of treatment for the control of *Fomes lignosus* in young Rubber areas, *Jl Rubb. Res. Inst. Malaya,* IV, 1, p. 34-8 (1932).
(174) Napper, R.P.N., Observations on the root diseases of Rubber tress caused by Fomes lignosus, *Jl Rubb. Res. Inst. Malaya,* IV, 1, p. 5-33 (1932).
(175) Napper, R.P.N., Report on diseases of the Rubber tree in Kedah, *Jl Rubb. Res. Inst. Malaya,* V, 1, p. 35-47 (1933).
* (176) Norman, A.G., The natural decomposition of Plant materials, *Sci. Progr.,* XXXI, 107, p. 470-85 (1933).
(177) Nosti, J., La utilizacion de Heveas Empleadas como arboles de sombra, *Bol. Agr. terr. Esp. Golfo de Guinea,* Part. 1, p. 1-25 (1943).
(178) Park, M., Hevea stem Disease caused by Fomes Lamaoensis, *Trop Agriculturist,* LXX, 4, p. 225-6 (1928).
* (179) Park, M., Report on the work of the Mycological Division, Adm. Rept Dir. Agric. Ceylon 1933, pp. D-126, D-133 (1934).

* (180) Park, M., Report on the work of the Mycological Division, Adm. Rept Dir. Agric. Ceylon 1934, pp. D-124, D-131 (1935).
(181) Park, M., Report on the work of the Devision of Plant Pathology, Adm. Rept Dir. Agric. Ceylon 1937, pp. D-42, D-48 (1939).
(182) Petch, T., Mycological Notes, *Trop. Agriculturist,* XXIV, sept., p. 411-3, XXV, oct., p. 523-4 (1905).
* (183) Petch, T., Reports of the Mycologist, Ceylon, 1905, 1906, 1907.
* (184) Petch, T., Report Govt Mycologist, 1905, *Circ. Agric. Jl Roy. Bot. Gardens,* Ceylan, III, 21, p. 277-86 (1906).
* (185) Petch, T., Descriptions of new Ceylon fungi, *Ann. Roy. Bot. Gardens Peradeniya,* III, p. 7-8 (1906).
* (186) Petch, T., Root diseases of Hevea brasiliensis, *Circ. Agric. Jl Roy. Bot. Gardens,* Ceylan, III, 17, p. 237-42 (1906).
(187) Petch, T., Armillaria fuscipes nov. sp., *Ann. Roy. Bot. Gardens Peradeniya,* IV, p. 299 (1909).
(188) Petch, T., Revisions of Ceylon fungi, *Ann. Roy. Bot. Gardens Peradeniya,* IV, p. 373-444 (1910).
(189) Petch, T., Brown root disease, *Circ. Agric. Jl Roy. Bot. Gardens,* Ceylan, V, 6, p. 47-53 (1910).
* (190) Petch, T., A root disease of Hevea (Sphaerostilbe repens B. et Br.), *Circ. Agric. Jl Roy. Bot. Gardens,* Ceylan, V, 8, p. 65-71 (1910).
* (191) Petch, T., The Physiology and Diseases of Hevea brasiliensis, Dulau and Co., Londres, 268 pp. (1911).
* (192) Petch, T., Rubber tree diseases, *Trop. Agriculturist,* XXXIX, p. 321-5 (1912).
(193) Petch, T., The Fungus diseases of Hevea brasiliensis, Rubb. Recueil, Batavia, p. 116-30 (1914).
(194) Petch, T., Diseases of Hevea in Ceylon, Trans. Third Int. Congr. Trop. Agricult., I, p. 596-607 (1916).
* (195) Petch, T., Administration Repts Dept Agric. Ceylon, 1912-1913, 1916, 1919.
(196) Petch, T., The Diseases and Pests of the Rubber Tree, Mac Millan and Co, Londres (1921).
(197) Petch, T., Plant Pests and Diseases in Ceylon, *Trop. Agriculturist,* LVII, 3, p. 192-4 (1921).
* (198) Petch, T., Report on the work of the Division of Botany and Mycology, Ann. Rept Dept Agric. Ceylon 1921, p. 21-3 (1922).
(199) Petch, T., A root disease of Hevea (Xylaria Thwaitesii Cooke), *Trop. Agriculturist,* LX, 2, p. 100 (1923).
* (200) Petch, T., Fomes lignosus, *Tea Quart.,* I, 3, p. 64-6 (1928).
(201) Petch, T., Fomes lignosus, *Trop. Agriculturist,* V, p. 229 (1928)

* (202) Petch, T., Notes on root diseases, *Tea Quart.*, I, 4, p. 104-6 (1928).
* (203) Petch, T., Tropical root disease fungi, *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, XIII, 3-4, p. 238-53 (1928).
(204) Petch, T., Ceylon fungi, new and old, *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, XXVII, 3-4, p. 137 (1944).
(205) Pfältze, A., De stand van onze kennis omtrent wortelschimmels bij Hevea, *Bergcultures,* IX, 37, p. 850-60 (1935).
* (206) Pinching, H. C. et Sutcliffe, H., The fungoid diseases of Hevea brasiliensis, *Bull. Rubb. Growers' Assoc.*, p. 1-46 (1918).
(207) Pinching, H.C., Rubber in Burma, *Bull. Rubb. Growers' Assoc.*, V, 12, p. 647-55 (1923).
* (208) Pinching, H.C., Rubber diseases, *Malayan Tn Rubb. Jl,* XIV, 6, p. 333-8 (1925).
(209) Pinching, H. C., Scientific Research Notes, *Bull. Rubb. Growers' Assoc.*, VII, 1, p. 42-8 (1925).
(210) Prillwitz, P. M., De stand van onze kennis omtrent de wortelschimmels bij thee, *Bergcultures,* IX, 38, p. 887-99 (1935).
(211) Rant, A., The white root-fungus of Cinchona, *Rec. trav. Bot. néerl.,* XIV, 3-4, p. 143 (1917).
* (212) Rayner, M. C., Observations on Armillaria mellea in pure culture with certain conifers, *Forestry,* IV, p. 65-7 (1930).
(213) Reitsma, J., Studien über Armillaria mellea (Vahl) Quél., *Phytopath. Ztschr.*, IV, 5, p. 461-522 (1932).
(214) Reydon, G. A., Over de meest in Besoeki voorkomende wortelschimmels bij Rubber en Koffie, *Bergcultures,* V, 33, p. 892-909 (1931).
* (215) Rhind, D., The diseases of Para Rubber in Burma, Bull. Dept Agric. Burma, 14, 16 pp. (1926).
(216) Rhoads, A. S., A comparative study of two closely related root rot fungi, Clitocybe tabescens and Armillaria mellea, *Mycologia,* XXXVIII, 6, p. 741-66 (1945).
* (217) Ridley, H. N., Parasitic Fungi of Hevea brasiliensis, *Agric. Bull. Straits F.M.S.,* III, p. 173-5 (1904).
* (218) Ridley, H.N., *Agric. Bull. Straits F.M.S.,* VI, p. 157-60 (1907).
* (219) Ridley, H. N., *Agric. Bull. Straits F.M.S.,* VIII, Juill., Nov., Déc. (1909).
* (220) Ridley, H. N., Singapore Free Press, Aug. 22 (1910).
* (221) Ris, V., Bestrijding van de wortelschimmel bij Hevea,Carbolineum, *Teysmannia,* 20, p. 577-81 (1909).
* (222) Rutgers, A.A.L. et Dammerman, K.W., Ziekten en beschadigingen van Hevea op Java, *Meded. Lab. Plantenziekten,* Buitenzorg, 10 (1914).

(223) Rutgers, A.A.L. et Arens, P., Diseases of Hevea brasiliensis in Java, Rubb. Recueil, Batavia, p. 130-40 (1914).
(224) Sanderson, A.R., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1929, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 58-65 (1930).
(225) Sanderson, A.R., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1930, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 82-8 (1931).
(226) Sanderson, A.R. et Haines, W.B., Effects of cover and clearing's methods on the growth of young rubber, *Jl Rubb. Res. Inst. Malaya,* IV, 1, p. 28-34 (1931).
* (227) Schmitz, H. et Zeller, S.M., Studies in the physiology of the fungi. IX. Enzyme action in Armillaria mellea Vahl., Daedalea confragosa (Bolt.) Fr., and Polyporus lucidus (Leys) Fr., *Ann. Bot. Gard.,* 6, p. 193-200 (1919).
(228) Schooneveldt, J.C., Beknopt overzicht van de meerjarige cultures in het rayon Buitenzorg over 1938, *Bergcultures,* XIII, 19, p. 606-8 (1939).
(229) Schoorel, A.F. Beknopt overzicht van de Rubber en Theecultuur in het rayon Soekaboemi gedurende 1938, *Bergcultures,* XIII, 22, p. 739-40 (1939).
(230) Sharples, A., *Ustulina zonata,* a fungus affecting *Hevea brasiliensis, Bull. n° 25, Dept Agric. F.M.S.* (1916).
(231) Sharples, A., Ustulina zonata (Lev.) Sacc. on Hevea brasiliensis, *Ann. appl. Biol.,* IV, p. 153-78 (1918).
* (232) Sharples, A., Ustulina zonata on Hevea brasiliensis, Preliminary Report on further work, *Agric. Bull. F.M.S.,* IV, p. 98-105 (1916).
(233) Sharples, A., The significance of diseases in the economy of Malayan Rubber Plantations, *Kew Bull.,* VI, p. 225 (1917).
(234) Sharples, A., A preliminary account of observations on the fungus causing « Brown root » Disease, *Malayan agric. Jl,* X, 7, p. 181-3 (1922).
(235) Sharples, A., Some observations on root diseases of Hevea brasiliensis, *Malayan agric. Jl,* XII, 12, p. 404-7 (1924).
(236) Sharples, A., Treatment on Wet-root rot in Malaya, caused by *Fomes pseudoferreus, Malayan agric. Jl,* XIV, 2, p. 32-6 (1926).
(237) Sharples, A., Annual Report of the Mycologist for 1926, *Malayan agric. Jl,* XV, 5, p. 152-9 (1927).
(238) Sharples, A. et Sanderson, A.R., The Root disease problems on old Rubber areas in Malaya, Rubb. Res. Inst. Malaya, Bull. n° 3, 43 pp. (1931).
(239) Sharples, A., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1931, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 76-87 (1932).

(240) Sharples, A., Diseases of Rubber, *Malayan agric. Jl,* XX, 5, p. 223-9 (1932).
(241) Sharples, A., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1932, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 94-102 (1933).
(242) Sharples, A., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1933, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 105-20 (1934).
(243) Sharples, A., Pathological Division, *in* Ann. Rept 1934, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 95-115 (1935).
(244) Sharples, A., Diseases and pests of the Rubber Tree, Mac Millan and Co., Londres, 480 pp. (1936).
* (245) Shelton Agar, W.R., Clean clearing, pests and diseases, *Agric. Bull. F.M.S.,* V, p. 299-306 (1917).
(246) Singh, J., Soil fungi and actinomyces in relation to manurial treatment, season and crop, *Ann. appl. Biol.,* XXIV, 1, p. 154-68 (1937).
(247) s'Jacob, J.C., Beschouwingen over rubberherontginning, *Bergcultures,* IX, 42, p. 1075-84 (1935).
(248) s'Jacob, J.C. et de Fluiter, H.J., Is er verband tussen den toestand van de plant en de mate van virulentie van wortelschimmels, *Bergcultures,* XII, 38, p. 1290-2 (1938).
(249) Small, W., Annual report of the Government Mycologist, Ann. Rept Dept Agric. Uganda 1921, p. 49-57 (1922).
(250) Small, W., Annual Report of the Government Mycologist, Ann. Rept Dept Agric. Uganda 1922, p. 27-9 (1924).
* (251) Small, W., Report of the Mycological Division, Adm. Rept Dir. Agr. Ceylon 1926, pp. D-19, D-20 (1927).
(252) Small, W., Recent work on root disease of economic and other plants in Ceylon, *Trop. Agriculturist,* LXVIII, 4, p. 201-12 (1927).
(253) Soesman, J.G., Wortelschimmels en Hevea-herontginningen, *Bergcultures,* XII, 36, p. 1239-44 (1938).
(254) South, W., Report on the work of the inspection staff, October 1 to December 31, 1922. II. Diseases and pests of Rubber, *Malayan agric. Jl,* XI, p. 89-90 (1923).
(255) South, F.W. et Birkinshaw, F., Summary of the work of the inspection Division for the first three quarters of 1923, *Malayan agric. Jl,* XII, p. 32-50 (1924).
(256) Staner, P., Quelques maladies de l'Hévéa, *Bull. agr. Congo belge,* XXI, 3, p. 649-58 (1930).
(257) Staner, P., Les maladies de l'Hévéa au Congo belge, *Mém. Inst. Roy. Col. belge,* XI, 6, 42 pp. (1941).
(258) Starkey, R.L., Some influences of the development of higher plants upon the microorganisms in the soil : IV. Influence of

proximity to roots on abundance and activity of microorganisms, *Soil Sci.*, XXXII, 5, p. 367-93 (1931).

(259) Steinmann, A., Aanvullende mededeelingen over het optreden van Ustulina bij Hevea brasiliensis in Java, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* VII, 10, p. 448 (1923).

(260) Steinmann, A., Enkele mededeelingen over twee in Java tot nu toe minder bekende wortelschimmels bij Hevea brasiliensis, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* VIII, 3, p. 138 (1924).

(261) Steinmann, A., De ziekten en plagen van Hevea brasiliensis in Nederlandsch Indië, Rubb. Proefst. « West-Java », Buitenzorg (1925).

(262) Steinmann, A., Het een en ander omtrent wortelschimmels, *Thee,* VI, 3, p. 87-91 (1926).

(263) Steinmann, A., Over het verband tusschen het optreden van wortelschimmels en den zuurgraad van den grond, *Bergcultures,* I, 10 (1927).

(264) Steinmann, A., Tropische wortelschimmels, *Bergcultures,* III, 36, p. 921-2 (1929).

(265) Steinmann, A., Over het gebruik van chemische middelen bij bestrijding van wortelschimmels, *Bergcultures,* IV, 9, p. 223-8 (1930).

(266) Steyaert, R.L., Rapport d'inspection phytopathologique des cultures de la Régie des Plantations de la Colonie (Rayon de Stanleyville), *Bull. agr. Congo belge,* XXIII, 1, p. 105-26 (1932).

(267) Steyaert, R.L., Inspection phytosanitaire du Chef de la Division de phytopathologie à la Station de Yangambi (mars à mai 1944). Rapport de Service, non publié, INEAC (1944).

(268) Steyaert, R.L., Situation phytosanitaire des cultures au Bas-Congo, *Bull. agr. Congo belge,* XXXV, 1-4, p. 133-5 (1944).

(269) Steyaert, R.L., Les maladies de l'Hévéa dans l'Ubangi en 1944, Rapport de Service, non publié, INEAC (1945).

(270) Steyaert, R.L., Plant production in the Belgian Congo, *Scientific Monthly,* New-York, LXIII, 4, p. 268-80 (1946).

(271) Steyaert, R.L., Contribution à l'étude des parasites des végétaux du Congo belge, *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique,* LXXX, sér. 2, XXX, 1-2, p. 11-58 (1948).

(272) Steyaert, R.L., Le problème des pourridiés dans les cultures arbustives tropicales et sa portée sur les techniques d'ouverture des plantations, C.R. Conf. Afric. des Sols, Goma 1948, *Bull. agr. Congo belge,* XL, 2, p. 1651-78 (1949).

(273) Storey, H.H. et Leach, R., A sulphur-deficiency of the Tea bush, *Ann. appl. Biol.,* XX, 1, p. 23-55 (1933).

* (274) Swart, N.L., Een en ander over Heveaziekten (Lezing gehouden op de vergadering der rubberplanters op 15 Febr. 1918), Publ. Ned. Ind. Landb. Syndic., 10, p. 343 (1918), *Ned. Ind. Rubb. Tijdschr.*, III, p. 27-33 (1918).

* (275) Tayler, V.A. et Stephens, J., Native Rubber in the Dutch East Indies. Report to the Rubber Growers' Association 1929, *Bull. Rubb. Growers' Association*, XI, 48 pp. (1929).

* (276) Thomas, H.E., Studies on the nature of host resistance to Armillaria mellea, *Phytopathology*, XIX, 12, p. 1140-1 (1929).

(277) Thomas, H.E., Studies on Armillaria mellea (Vahl) Quél. Infection, parasitism and host resistance. *Jl agric. Res.*, XLVIII, 3, p. 187-218 (1934).

(278) Tilemans, E., Comment lutter contre les maladies de l'Hévéa ? *Bull. agric. Congo belge*, XXI, 4, p. 1196-1202 (1930).

* (279) Ultee, A.J., Verslag over de werkzaamheden van het proefstation Malang in het jaar 1924, *Meded. Proefst. Malang*, n° 52, 43 pp. (1925).

* (280) Ultee, A.J., Verslag over de werkzaamheden van het proefstation Malang in het jaar 1925, *Meded. Proefst. Malang*, n° 57, 52 pp. (1926).

* (281) Ultee, A.J., Verslag over de werkzaamheden van het proefstation Malang in het jaar 1926, *Meded. Proefst .Malang*, n° 62, 40 pp. (1927).

* (282) Ultee, A. J. Jaarverslagen over 1912-1921. Mededeelingen Besoekisch Proefst , n° 3, p. 17; n° 11, p. 20; n° 17 ,p. 22; n° 22, p. 17; n° 25, p. 19; n° 27, p. 19; n° 28, p. 21; n° 29, p. 21; n° 30, p. 20-24; n° 32, p. 28.

(283) Van Baalen, J., Bestrijding van roode wortelschimmel, *Bergcultures*, V, 20, p. 540-52 (1931).

(284) Van der Goot, P., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1927,*Meded. Inst. Plantenziekten*, Buitenzorg, n° 74, 85 pp. (1928).

(285) Van der Goot, P., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Oost-Indië in 1932, *Meded. Inst. Plantenziekten*, Buitenzorg, n° 83, 80 pp. (1934).

(286) Van der Goot, P., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1934, *Meded. Inst. Plantenziekten*, Buitenzorg, n° 85, 94 pp. (1935).

(287) Van der Goot, P., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1935, *Meded. Inst. Plantenziekten*, Buitenzorg, n° 87, VII, 106 pp. (1936).

(288) Van der Goot, P., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Oost-Indië in 1936, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 89, 104 pp. (1937).
(289) Van Hall, C.J.J., Dammermann, K.W. et Rutgers, A.A., De ziekten van Hevea brasiliensis op Java. Ziekten en beschadigingen van cultuurgewassen op Java, n° 2, Buitenzorg (1914).
* (290) Van Hall, C.J.J., De bruine wortelschimmel. Hymenochaete noxia. *Teysmannia,* 6, p. 289 (1917).
(291) Van Hall, C.J.J., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1919, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 39, 50 pp. (1920).
(292) Van Hall, C.J.J., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1920, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 46, 50 pp. (1921).
(293) Van Hall, C.J.J., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1921, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 53, 46 pp. (1922).
(294) Van Hall, C.J.J., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1922, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 58, 42 pp. (1923).
(295) Van Hall, C.J.J., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1923, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 64, 47 pp. (1924).
(296) Van Hall, C.J.J., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1924, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 67, 53 pp. (1925).
(297) Van Hall, C.J.J., Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch Indië in 1925, *Meded. Inst. Plantenziekten,* Buitenzorg, n° 70, 51 pp. (1926).
(298) Van Hall, C.J.J. et Van de Koppel, C., De landbouw in de Indische Archipel. Deel III : Industriële gewassen - Register, N.V. Uitgeverij W. Van Hoeve, 's Gravenhage (1950).
(299) Van Hell, W.F., De natuurwetenschappelijke Instituten tijdens de bezettingstijd. Kort overzicht over het Algemeen Proefstation der AVROS gedurende den oorlog, *Chronica Naturae,* CIII, 5, p. 70-3 (1947).
(300) Van Hell, W.F., Resultaten van de bestrijding van de witte wortelschimmel in een herplanting, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* XXVI, 3, p. 221-51 (1948).
(301) Van Heusden, W.C., Beknopt overzicht van de ondernemingscultures in het rayon Zuid-Sumatra gedurende 1936, *Bergcultures,* XI, 20, p. 713-9 (1937).

(302) Van Leer, R., Premiers résultats de la lutte contre les pourridiés de l'Hévéa à Yangambi. C. R. Semaine Agricole de Yangambi, Com. n° 50, p. 681-707, Publ. INEAC, hors série (1947).
(303) Van Ooy, C.H., Bestrijding van roode wortelschimmel, *Bergcultures,* X, 13, p. 437 (1936).
(304) Van Overheem, C. et Steinmann, A., 4. Over de roode wortelschimmel van Hevea brasiliensis M.A. The Red-root disease of Rubber-trees in Java caused by Ganoderma ferreum (Berkeley) V.O. et St., *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* VII, 10, p. 453-460, 466 (1923); *Trop Agriculturist,* LXI, 6, p. 370 (1923).
(305) Van Overheem, C., Over het optreden van zwarte wortelschimmel (Rossellinia) bij Rubber en Koffie, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* VIII, 3, p. 135 (1924).
(306) Van Overheem, C. et Weese, J., Polyporaceae. Rigidoporus microporus (Swartz) Van Ov., Icones Fungorum Malayensium, V, Vienne (1924).
(307) Van Overheem, C., Beitrage zur Pilzflora von Niederlandisch Indien, II - (n° 10-13) 12 - Ueber den roten wurzelpilz, *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg,* Sér. III, VII, 4, p. 436-46 (1925).
(308) Van Overheem, C., Mededeelingen van het Rubber proefstation « West Java ». Phytopathologische serie n° III, 3, « over het voorkomen van Ganoderma lucidum (Leysser) Karsten in Rubbertuinen, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* IX, 5, pp. 518-21, 526 (1925).
* (309) Van Vloten, H., Onderzoekingen over Armillaria mellea (Vahl) Quél. Fungus, Wageningen, VIII, 2, p. 20-3 (1936).
(310) Verdoorn, F., Plants and Plant science in Latin America, Chronica botanica, Waltham, 381 pp. (1945).
* (311) Vincens, P., Contribution à l'étude des maladies de l'Hevea brasiliensis, *Bull. Soc. Path. végét.,* II (1915).
(312) Vollema, J.S., Verjonging van Heveatuinen, *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* XVIII, p. 21-57 (1934).
(313) Vollema, J.S., Indrukken van de Rubbercultuur in Sumatra's Oostkust en Malakka, *Bergcultures,* X, n° 9, p. 266 (1936).
(314) Vollema, J.S., Wortelschimmels bij Rubber en Thee, *Bergcultures,* XI, 43, p. 1518-30 (1937).
(315) Wakefield, Fungi exotici XXIV. *Kew Bull.* p. 207 (1918). (extr. *Arch. Rubbercult. Ned. Indië,* III, 2, p. 74 (1919).
(316) Waksman, S.A., Principles of soil microbiology, The Williams and Wilkins Co., Baltimore, 2e éd., 894 pp. (1932).
(317) Waksman, S.A. et Woodruff, H.B., The occurence of bacteriostatic and bactericidal substances in the soil, *Soil Sci.,* LIII, p. 233-9 (1942).

(318) Wallace, G.B., Report of the Mycologist, Ann. Rept Dept Agric. Tanganyika Territory 1932, p. 76-80 (1933).

(319) Wallace, G.B., Report of the Mycologist, Ann. Rept Dept Agric. Tanganyika Territory 1934, p. 90-3 (1935).

(320) Wallace, G.B., Armillaria root rot in East Africa, *East Afr. agric. Jl*, I, p. 182-93 (1935).

(321) Wallace, G.B., Notes on the susceptibility of indigenous trees to Armillaria, *East Afr. agric. Jl.*, III, p. 49-51 (1937).

(322) Weindling, R., Trichoderma lignorum as a parasite of other soil fungi, *Phytopathology*, XXII, 10, p. 837-45 (1932).

(323) Weindling, R., Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of Trichoderma lignorum on Rhizoctonia solani and other soil fungi, *Phytopathology*, XXIV, 11, p. 1153-79 (1934).

(324) Weindling, R., Experimental consideration on the mold toxins of Gliocladium and Trichoderma, *Phytopathology*, XXXI, 11, p. 991 (1941).

(325) Weir, J. R., A pathological survey of the Para Rubber tree (Hevea brasiliensis) in the Amazon Valley, U.S. Dept Agric., Bull. 1380, 129 pp. (1926).

* (326) Weir, J.R., Some general principles in Rubber Pathology, *Malayan Tin Rubb. Jl*, XVI, 20, p. 1232-6 (1927).

(327) Weir, J.R., Pathological Division, Ann. Rept 1928, Rubb. Res. Inst. Malaya, p. 61-95 (1929).

(328) Whitelaw, E.W., Practical replanting of Rubber, Times of Ceylon Co., Colombo et Londres (1938).

* (329) Wolpert, F.S., Studies in the Physiology of the fungi. XVII. The growth of certain wood-destroying fungi in relation to the H-ion concentration of the media, *Ann. Missouri Bot. Gard.*, XI, 1, p. 43-97 (1924).

* (330) Wright, C.H., The modern aspects of disease control, *India Rubb. Jl*, LXX, 13a, p. 40-3, 18, p. 15-6, 19, p. 17-9 (1925).

(331) Wright, C.H., The modern aspects of disease control, *Trop. Agriculturist*, XVI, p. 30-8 (1926).

(332) Zboray, E. (von), Over de roode wortelschimmel, *Bergcultures*, IV, 29, p. 758-63 (1930).

(333) Zboray, E. (von), Roode wortelschimmel bij jonge Heveaboomen in verband met rejuvenatie of herontginning van oude aanplantingen, *Bergcultures*, V, 2, p. 34-7 (1931).

(334) ZELLER, S.M., Observations on infection of apple and prune roots by Armillaria mellea, *Phytopathology*, XVI, p. 479-84 (1926).
* (335) ZIMMERMANN, A., Eenige pathologische en physiologische waarnemingen over Koffie. 4. De Scheurziekte, Meded. uit 's Lands Plantentuin, n° 67, p. 56 (1904).

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE III. - ETUDE DE L'INCIDENCE DES POURRIDIES DANS LES PLANTATIONS D'HEVEAS DE YANGAMBI.

CHAPITRE IV. - ETUDE DE L'EVOLUTION DES ARBRES SAINS ET ATTAQUES EN PARCELLES TRAITEES ET TEMOINS.

PARTIE IV. - EFFICACITE DES PROCEDES DE LUTTE ET ASPECT ECONOMIQUE DU TRAITEMENT CONTRE LES POURRIDIES.

CHAPITRE 1. - EFFICACITE DES PROCEDES DE LUTTE.